

01048



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOSÓFICAS

EL MUNDO DEL RNA: UN ESPACIO DE
REPRESENTACIÓN EN EL ESTUDIO DEL ORIGEN
DE LA VIDA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRÍA EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

P R E S E N T A :
LILIANA VALLADARES RIVEROLL



DIRECTORA DE TESIS:
DRA. EDNA MARÍA SUÁREZ DÍAZ

CIUDAD UNIVERSITARIA

2005

m 347051

IMP
POS



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Agradecimientos

Este trabajo no habría sido posible sin el extraordinario apoyo que mi directora de tesis, la Dra. Edna María Suárez Díaz, me brindó desde el primer momento.

Agradezco a Edna y agradezco también al Dr. Carlos López Beltrán, al Dr. Arturo Becerra, al Dr. Sergio Martínez y al Dr. Antonio Arellano, por la paciente y cuidadosa revisión de esta tesis.

Doy las gracias a CONACYT, por la beca que me otorgó para la realización de mis estudios de maestría durante el periodo 2003-2005.

De igual forma agradezco a la Dirección General de Estudios de Posgrado de la UNAM, por el apoyo económico complementario otorgado durante los cuatro semestres de mis estudios.

Finalmente, extiendo mi agradecimiento a la Coordinación del Posgrado en Filosofía de la Ciencia de la UNAM, especialmente a la Dra. Atocha Aliseda, a Sylvia Benítez y a Noemí Vidal.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.
NOMBRE: Liliana Valladares Riveroll

FECHA: 22/Agosto/2005

FIRMA: 

Índice

Introducción.....	1
Capítulo 1:	
La propuesta de H.J. Rheinberger frente a las historias tradicionales	
<i>1.1. Historias tradicionales sobre el origen de la vida frente a historias de objetos epistémicos.....</i>	4
<i>1.2. Hacia una historia de objetos epistémicos.....</i>	12
<i>1.3. Objetos epistémicos y objetos técnicos: sistemas experimentales.....</i>	14
<i>1.3.1. Fuentes del pensamiento de Rheinberger.....</i>	18
Capítulo 2:	
El mundo del RNA como una historia de objetos epistémicos	
<i>2.1. El estudio científico del origen de la vida.....</i>	24
<i>2.1.1. El sistema experimental de Miller y Urey.....</i>	24
<i>2.1.2. El encuentro con las ribozimas.....</i>	41
Capítulo 3:	
El mundo del RNA como un espacio de representación	
<i>3.1. El mundo (híbrido) del RNA: más allá de la suma Tierra primitiva + ribozimas.....</i>	49
<i>3.2. Espacios grafemáticos.....</i>	60
Conclusiones.....	70
Referencias bibliográficas.....	73

Introducción

En 1986 se presentó "un nuevo mundo" ante la comunidad de científicos interesados en el estudio del origen de la vida: "el mundo del RNA" (Gilbert, 1986).

Se trataba de un posible escenario del pasado en el que se podía pensar que la vida comenzaba a surgir en la forma de células basadas en moléculas de RNA (ácido ribonucleótido), en lugar de en moléculas de DNA (ácido desoxirribonucleótido). El mundo del RNA abría la novedosa posibilidad de pensar que lo que hoy los biólogos consideran, generalmente, como la base filogenética universal de la vida actual (células basadas primordialmente en moléculas de DNA), pudo no haber sido la base histórica de la vida en su origen (células basadas primordialmente en moléculas de RNA) a partir de la cual, eventualmente, evolucionaron todos los seres vivos que se conocen en la actualidad (Luisi, 1998).

En torno al mundo del RNA, a partir de los 1980's, comenzaron a tener lugar muchas de las discusiones científicas recientes sobre cómo pudo surgir la vida por vez primera en el pasado (Fry, 2000, Lahav, 1999).

Gradualmente se fue configurando un espacio de representación biológica sobre el origen de la vida en el que se implicaron muchos supuestos teóricos sobre la vida misma (la existencia de un ancestro universal común a todos los seres vivos, la vida de hoy como distinta de la vida del pasado, un escenario pasado particular -condiciones ambientales primitivas- que permitió la evolución de la vida sobre la Tierra, etc.), un entramado de supuestos diversos que fue resultado del encuentro de muchas prácticas experimentales, en principio independientes.

El presente trabajo se basa en los conceptos derivados del estudio realizado por H.J. Rheinberger (1997) para el campo de la síntesis de proteínas, y tiene el objetivo de abordar una parte de las amplias historias experimentales que al converger dieron lugar al mundo del RNA, un espacio que trajo al estudio del origen de la vida un sinfín de nuevas posibilidades teórico-experimentales.

Este ejercicio de desconstrucción del mundo del RNA como “una historia de objetos epistémicos” que se van articulando, permite resignificarlo como un espacio de representación.

La unidad de análisis de la historia de objetos epistémicos que Rheinberger propone son los sistemas experimentales. A través del estudio de estos sistemas es que se pretende comprender el proceso de desarrollo histórico y epistémico de los objetos de una ciencia, en este caso, de los objetos de investigación biológica en origen de la vida, en particular, del llamado mundo del RNA.

La fragmentación de la ciencia en sistemas lleva también a la fragmentación del tiempo en tiempos locales o internos de desarrollo o despliegue propio para cada sistema. Distintos sistemas experimentales con tiempos propios interactúan entre sí, se encuentran y se entrelazan armando terrenos de lo posible, creando campos híbridos cada vez más amplios, espacios de acción, de intervención y de construcción de nuevo conocimiento científico.

La multiplicidad de tiempos internos de diversos sistemas experimentales interactuando en un horizonte abierto crea lo que Rheinberger llama historialidad (Rheinberger, 1999). La historialidad hace distinta a su historia de objetos epistémicos de algunas de las historias de la ciencia tradicionalmente contadas.

El primer capítulo de esta tesis está orientado, justamente, a ubicar a la historia de objetos epistémicos dentro del variado y versátil campo de historias de las ciencias, y a desarrollar un planteamiento inicial sobre el concepto de historialidad en que se basa la propuesta de Rheinberger. Con este concepto se fragmenta a “la ciencia” en unidades integrales situadas del quehacer científico: los sistemas experimentales.

También en este primer capítulo se describen los elementos que estructuran a los sistemas experimentales y se exponen algunos de los principales conceptos que Rheinberger utiliza -tomados desde la filosofía posmoderna desarrollada por J. Derrida (1989, 2003)- para entender el proceso de construcción de conocimiento a partir de la experimentación.

El segundo capítulo es el resultado de aplicar la estrategia desarrollada por Rheinberger al campo de estudio del origen de la vida. En este capítulo se describen dos de los múltiples sistemas experimentales que al interactuar dieron lugar al mundo del RNA: el sistema de Miller y Urey simulando la Tierra primitiva, por un lado, y el sistema de Zaug y Cech en torno a las ribozimas, por el otro.

El análisis del sistema experimental de Miller y Urey destaca el rasgo de *reproducción diferencial*, un juego de estabilización-desestabilización que permite definir los límites de un objeto epistémico en construcción, posibilitando el despliegue temporal de todo sistema experimental para la generación de nuevo conocimiento.

El estudio del sistema experimental de Zaug y Cech, por su parte, pone de relieve la capacidad de un sistema experimental de *hibridizar e interactuar* con otros sistemas experimentales totalmente distintos generando objetos nuevos de investigación.

Finalmente en el tercer capítulo, el mundo del RNA se presenta como un producto híbrido del encuentro de estos dos sistemas experimentales distintos. En este capítulo destaca otra más de las características principales de todo sistema experimental, la creación de *espacios de representación*. Cuando se intenta buscar el referente empírico para este mundo basado en el RNA, y entendido ya como un objeto epistémico historial, la noción clásica de representación se ve cuestionada. Detrás de un significante –una traza- parece existir siempre otro significante –otra traza-. Esto lleva a la discusión sobre la noción de referente empírico inmediato en la base de las representaciones científicas (Lenoir, 1998), pues los objetos científicos parecen construirse a través de trazas diferenciales que se estabilizan, como objetos técnicos, creando espacios materiales de rearticulación de trazas: espacios de significación y generación de los nuevos significantes en la ciencia.

Capítulo 1

La propuesta de H.J. Rheinberger frente a las historias tradicionales

1.1. Historias tradicionales sobre el origen de la vida frente a historias de objetos epistémicos

El presente trabajo de tesis pretende resignificar al mundo del RNA como una historia de objetos epistémicos.

Como en casi cualquier otro campo científico, se han escrito distintas “historias” sobre el campo de estudio del origen de la vida; las más recientes incluyen, de modos diferentes, la noción del mundo del RNA. No obstante, hasta donde he podido comprobar, ninguna de ellas¹ se desenvuelve como una “historia de objetos epistémicos”.

Mi objetivo en esta sección es destacar, con ayuda del artículo de Christie (1990), algunos de los elementos que han caracterizado a estas historias ya contadas de la ciencia, a las cuales llamaré “tradicionales”, con el fin de compararlas con la propuesta historiográfica rheinbergeriana en la que se enmarcará el resto de mi tesis, ubicando de esta manera el trabajo de Rheinberger (1997; 1999) dentro del versátil y variado campo de las historias de las ciencias.

Los estudios históricos sobre la ciencia han tenido una gran diversidad de orientaciones y planteamientos a lo largo del tiempo. De acuerdo con Christie (1990), una de las formas más recurrentes para contar historias de la ciencia se remonta a la Ilustración como *la marca* a partir de la cual se construyó una visión histórica de la ciencia como una actividad progresiva, “central” por su significado en la vida intelectual, social, económica y política de la humanidad. La Ilustración, nos dice Christie, escribió la historia de la Revolución Científica: una historia de emancipación intelectual de las fuerzas represoras de la iluminación del mundo. Los protagonistas en esta narrativa toman la forma de héroes que participan de un evento notable dentro de un periodo histórico bien delimitado. El evento notable que se describe en narrativas como ésta, y que

¹ Las historias que revisé incluyen: I. Fry, 2000; N. Lahav, 1999; H. Kamminga, 1980; A. Olea, 1987, y; A. Oparin, 1979.

puede ser una obra o un objeto científico, se conecta con otros eventos formando una unidad narrativa coherente. Es notable en tanto que es un evento revolucionario: un producto de las mentes individuales y brillantes de los científicos héroes; y es notable también, en tanto que contribuye al progreso: porque la ciencia misma es progresiva (Christie, 1990). Esta visión de la ciencia como un proceso continuo y acumulativo se reconoce como desafiada, principalmente desde los trabajos de T. Kuhn, los cuales introducen una cierta dosis de relativismo.

Dentro de este desafío hacia elementos totalizantes sobre la ciencia a lo largo del tiempo, ubico a autores como Rheinberger (1997; 1999), con una propuesta que no sólo es historiográfica sino también de análisis epistemológico del quehacer científico y que, como describiré en la siguiente sección, fragmenta a la ciencia en unidades analíticas como son los sistemas experimentales.

En contraste con la propuesta rheinbergeriana se encuentran muchas de las historiografías del siglo XX. Algunas de ellas, como expone Christie (1990), no discernen las diferencias culturales entre diversas épocas y sociedades, y no incluyen así, a la multiplicidad de tiempos internos de las partes que las constituyen² –por ejemplo, sistemas experimentales constituyendo constantemente objetos de conocimiento–.

Fry (2000), Lahav (1999); Olea (1987); Kamminga (1980) y Oparin (1979), son el conjunto de historias tradicionales que a continuación describiré basada en los distintos elementos de caracterización historiográfica que ofrece Christie (1990). Contra este conjunto contrasto la propuesta de Rheinberger.

Iris Fry publicó en 2000 un libro titulado "*The emergence of life on Earth: a historical and scientific overview*". En este texto Fry plantea la cuestión del

² Estas historiografías aparecen para definir la "génesis y antecedentes" de las disciplinas, mismas que se van legitimando mientras se les va narrando (p. ej. A. Herrera, N. Radl); aparecen para definir el presente y para incorporarlo a una línea de progreso universal que "demuestra" el progreso de la humanidad (p. ej. G. Sarton); aparecen con una cierta utilidad pedagógica, para clarificar las estructuras conceptuales y las ideas fundamentales de un conjunto de teorías actuales (p. ej. A. Koyré); o bien, aparecen claramente "condicionadas" por el contexto social del que van emergiendo y al cual intentan dar sentido desde una única mirada casi atemporal, como si un sólo contexto explicara todo el proceso de desarrollo científico a través de todos los tiempos (p. ej. B. Hessen) (Christie, 1990, p. 16-22; López, 1992, p.31). Christie (1990) recorre la escritura de la historia de la ciencia desde la llamada Revolución Científica (con autores como d'Alembert, Smith, Rousseau, etc), hasta las historiografías del siglo XX. Entre ellas destacan las historias disciplinares de los siglos XVIII y XIX -fundadoras de las disciplinas- (ej. T. Thomsom, C. Lyell, etc.); las historias "historicistas" (ej. W. Whewell), y las historias biográficas (ej. D. Brewster).

origen de la vida como una "materia con pasado y con futuro". Ordena temporalmente los desarrollos de las líneas actuales de investigación dedicadas al origen de la vida, examinándolas desde sus perspectivas históricas, filosóficas y científicas. La primera parte de esta obra³ es predominantemente histórica, y ofrece un recorrido por el desarrollo de las principales ideas sobre el origen de la vida, desde la antigüedad clásica hasta la actualidad.

Fry introduce la cuestión de para qué contar una historia sobre este tópico. Distintas razones ofrece al lector como respuesta, entre ellas: 1) porque una historia "... involucra... anécdotas y creencias que a nuestros ojos son bastante extrañas y sorprendentes..."; 2) por "... la tendencia entre algunos científicos para enfocarse en el 'aquí y en el ahora' ignorando viejas ideas distintas de la ciencia... Muchos científicos... no aprecian que nuestros conceptos... *deben* sus *orígenes* y carácter a desarrollos del *pasado*, tanto exitosos como fallidos..."; 3) "...porque una historia de las ideas sobre el origen de la vida puede servir para ilustrar los muchos factores que moldean nuestra evaluación de la naturaleza..." (Fry, 2000. p. 2, énfasis mío).

Para Fry un análisis histórico es, así, capaz de demostrar que los hechos examinados estuvieron condicionados por muchos presupuestos no-empíricos de tiempos pasados. El problema del origen de la vida, según él, ha estado determinado no sólo por experimentos y observaciones, sino también por factores sociales, políticos, religiosos y filosóficos; todos ellos factores que para Fry resultan extra-científicos, y que son capaces de explicar las ideas de cada época, y las controversias y sus soluciones alrededor del asunto intra-científico del origen de la vida. En el ejercicio histórico de Fry se reconstruye un pasado para las ideas científicas actuales en el que el problema de la emergencia primaria de la vida está siempre presente -de modos distintos pero lo está-, y al cual se le asigna una cierta solución o hipótesis condicionada por el pasado contexto social, filosófico y religioso que rodea a la actividad de producción de conocimiento.

Cada hipótesis o respuesta al problema del origen de la vida, que Fry encuentra en distintos momentos históricos del pasado, se vuelve una

³ Los primeros siete capítulos de un total de catorce.

contribución o avance *hacia* el estado presente, y es en este sentido en el que me parece que la obra de Fry es presentista, en tanto entiende al pasado como teniendo sentido sólo con relación al presente, y en tanto entiende que hay progreso en la ciencia consistente en el recorrido de los universales del presente a lo largo del hilo conductor que viene corriendo desde los tiempos pasados. Fry es un ejemplo de un tipo de historiografía tradicional del trabajo científico.

Un recorrido parecido al de Fry (2000) es el que nos presenta Noam Lahav (1999) en su libro "*Biogenesis: theories of life's origin*". La primera parte del libro presenta una historia del tema a manera de "antecedentes" que Lahav considera "...necesarios para familiarizar a los lectores con algunos aspectos importantes del pensamiento científico... [así como]... para exponer a sus pensadores, sus sesgos, sus errores, y éxitos..." (Lahav, 1999, p.vii, paréntesis mío). Su ejercicio histórico comienza con una presentación de las especulaciones hechas por los filósofos griegos y finaliza con las especulaciones de los científicos contemporáneos. Entre la antigüedad clásica y el pensamiento moderno y actual, Lahav reconoce el progreso en el campo; avances hacia el presente que logran en la historia la demarcación del problema del origen de la vida como un problema científico a partir del trabajo de A. Oparin.

Esta "función" de demarcación de territorios y de fronteras, de búsqueda de orígenes y antecedentes a través del ejercicio historiográfico, se encuentra también en la historia de Adolfo Olea (1987). Destaco esta historia porque es una historia contada desde la "periferia" de Latinoamérica, y porque me parece que intenta con ello insertar el quehacer científico mexicano "local", a través de la figura del Alfonso L. Herrera, en la historia "universal" de la ciencia⁴. Olea se esfuerza en situar adecuadamente el *origen* del problema "actual" del origen de la vida; un problema diferente del "antiguo problema" que pudo haber estado presente en la filosofía natural griega. La *pregunta* de "hoy" sobre el origen de lo vivo no ha sido la misma de tiempos antiguos, plantea Olea; la

⁴ Me parece que Olea está preocupado por darle sentido al trabajo de A. L. Herrera a partir del y hacia el contexto internacional, y en él existe además la intención de reconstruir el proceso de institucionalización de la biología en México a principios del siglo XX.

pregunta de nuestros días sobre la emergencia de los primeros seres vivos sobre la Tierra tiene, por lo tanto, una historia.

Harmke Kamminga (1980) por su parte, desarrolla un tipo de historia social sobre el problema del origen de la vida en el texto titulado "*Studies in the History of Ideas on the Origin of Life from 1860*".

Kamminga da por supuesto que "...las cuestiones externas... influyeron en el progreso del campo...", sin embargo, su pretensión es colocar a la historia de las ideas sobre el origen de la vida dentro de un esquema teórico más amplio, que resalte el valor heurístico que pudo tener el abordaje materialista⁵ de principios del siglo XX en la historia del problema del origen de la vida. El trabajo de A. Oparin representa, para Kamminga, la marca que distinguió a las hipótesis diversas que sobre el origen de la vida se habían propuesto "...sin una sólida base científica..." (Kamminga, 1980, p.2)⁶, de aquellas, como la de Oparin, que hicieron uso de los desarrollos científicos de un buen número de disciplinas científicas como la bioquímica, la geología o la astrofísica, delineando de este modo, un *tránsito* desde lo no-científico hacia lo cada vez más científico de esta cuestión; un tránsito que adquiere sentido sólo en la medida en que se comprenden los compromisos -como contexto- científicos, metodológicos y filosóficos que acompañan a una historia lineal y progresiva de las ideas sobre el origen de lo vivo.

Finalmente, A.I. Oparin (1979) en su "*Origen de la Vida sobre la Tierra*" se presenta a sí mismo como *el* científico que resuelve la controversia histórica entre dos filosofías irreconciliables -el idealismo y el materialismo- en torno al problema (con él claramente demarcado como científico) del origen de la vida. Su trabajo es presentado así, como un claro avance sobre esta cuestión que encuentra sus orígenes en una serie de antecedentes históricos que se extienden a culturas milenarias (orientales y occidentales) que habían dado respuestas no materialistas al origen de la vida. Con esta historia, la cual abarca los primeros capítulos de su trabajo, Oparin intenta diferenciar su

⁵ Un materialismo dialéctico estimulado por el clima sociopolítico de la Rusia posrevolucionaria en la que habita A. Oparin (Kamminga, 1980, p. 20).

⁶ Y que constituyen el objeto de la primera parte del trabajo de Kamminga, los "Antecedentes históricos, 1860-1925".

trabajo materialista del resto, delimitando las fronteras de este problema dentro de la ciencia y legitimando su hipótesis evolutiva, a la que le asigna un linaje científico, frente al resto de las hipótesis propuestas a lo largo del tiempo.

Este breve análisis historiográfico de las historias que he presentado no pretende ser exhaustivo en su crítica sino sólo ilustrativo del cómo, en general, han sido construidas las historias en este tópico; ninguna de ellas es ingenua, porque han sido escritas con ciertos propósitos; propósitos que son distintos para cada una de ellas. Historias tan diversas, con funciones tan variadas, construyendo pasados tan distintos, como lo son también los recursos metodológicos de que se han valido sus autores para construirlas (Christie, 1990).

Dentro del conjunto revisitado de historias, sobre el mundo del RNA se habla sólo en los textos de Lahav y Fry, -los más recientes-. Aún cuando el mundo del RNA surgió en el discurso del campo del origen de la vida desde los años 1960's, en el resto de las historias justo como he querido ilustrar, parece que son *otros* los propósitos para los que éstas historias han sido construidas y por lo tanto, carece de sentido alguno incluir en ellas una reflexión sobre el desarrollo epistémico de este objeto de investigación.

En las historias de Fry (2000, p. 135-149) y de Lahav (1999, p. 189-226), por su parte, el mundo del RNA aparece como una *hipótesis* resultante de los avances en el tópico de origen de la vida. Es una hipótesis en el sentido de constituir sólo una "*respuesta posible*" o una "rama o componente de la respuesta posible" al problema bien definido del origen de la vida. Es una respuesta que surgió -casi inevitablemente- de los progresos en este tema para volverse guía de gran parte de la investigación. Al mundo del RNA se le ve como un probable *estadio evolutivo precedente* o realidad extrapolada hacia el pasado terrestre, y como una *propuesta teórica* capaz de reforzar o debilitar(se) a sí misma, o a otras hipótesis más o menos improbables que explicarían cómo pudo surgir la vida por vez primera en el pasado.

Lo que tiene historia en estas historias revisitadas es *el problema del origen de la vida*, la pregunta por ello, *más no las respuestas científicas* que se han

construido alrededor de dicho problema *desde* el trabajo de A. I. Oparin; es decir, los *objetos epistémicos* que han emergido historialmente desde entonces, desde que el problema “entró al terreno científico”, *se nos presentan sin historia*, o mejor dicho sin historialidad, pero con un linaje precedente de otros objetos no-científicos (que se constituyen como “orígenes” en estas historias) que puede extenderse hasta tiempos remotos.

En contraste con esto, la propuesta de Rheinberger (1999) deja de hablar de historia para hablar de “historialidad”. El término historialidad lo remite a una *historia sin “orígenes”*. En la emergencia de una novedad, dice Rheinberger, lo nuevo no es lo nuevo, sino que se vuelve una novedad sólo al transformarse en una “traza” de algo a lo cual ha dado lugar, es decir, al transformarse en otra cosa diferente. Lo nuevo, entonces, se presenta como un producto accesible sólo a través de recurrir a él mismo cuando se habla de sus condiciones de producción; condiciones que, como he descrito, *se han reconstruido de modo tradicional en la forma de una narrativa de proyección teleológica que “confirma” ese presente* (con la ilusión de estar narrando lo que realmente pasó, los orígenes). A través de este tipo de ejercicios históricos tradicionales –en la (re)creación de un pasado– generalmente se busca encontrar el apoyo para afianzar “...el *presente* como lo propio y auténtico en función de una verdad absoluta...” (O’Gorman, 1948, p. 123, énfasis mío). Esto presupone la existencia de un pasado dado, separado del presente, que puede, en principio, ser comprendido a través de contar su “historia real” (Rheinberger, 1999).

El pensamiento historial, de acuerdo con Rheinberger (1999, p. 418, énfasis mío), “... no sólo tiene que aceptar y aún postular una clase de recurrencia inherente a cada mirada hacia el pasado –una *acción hermenéutica*–, sino que también tiene que asumir que la recurrencia trabaja en la *actividad diferencial* del sistema mismo que está en juego...”. De esta manera es que el presente, en la propuesta historiográfica de Rheinberger, es el resultado de algo que no pasó, porque en el pasado no existía ese algo que hoy contamos; el pasado se vuelve la traza de algo que no habrá ocurrido (hasta que desde el presente ese algo tenga lugar).

En este trabajo intentaré mostrar, a través del estudio de caso sobre el mundo del RNA, cómo es que la producción del conocimiento científico puede ir exhibiendo, justamente, este carácter historial rheinbergeriano.

Precisamente este carácter historial *separa* a la posible "historia de objetos epistémicos" de ciertos modos de historia que he llamado tradicional.

La historialidad de Rheinberger, a diferencia de las historias tradicionales, escapa de las nociones clásicas de tiempo como un totalizante único y lineal en el que suceden eventos dirigidos hacia un fin predeterminado que es casi siempre el presente⁷. En la historialidad, como mostraré más adelante, es la traza lo que permanecerá para crear *el origen de su no-origen*⁸.

La historia de objetos epistémicos de Rheinberger no está exenta de intereses más allá de lo epistémico, porque los objetos científicos son también sociales, institucionales, materiales, técnicos, y constituye un recurso distinto para construir la historia de un algo. Un recurso distinto, al menos, de las historias tradicionales.

Las interpretaciones de Fry y Lahav sobre el mundo del RNA no explican la construcción del conocimiento como de hecho va emergiendo en la práctica del científico dentro de un laboratorio. Estas historias tienen otros propósitos, y son "convertidas" en mi trabajo en las trazas o signos fundamentales del mundo del RNA sobre los cuales se erige mi reinterpretación de este constructo teórico como un objeto epistémico -un objeto generador de conocimiento-, que deviene en un espacio de posibilidades del hacer y del deshacer -un espacio grafemático-⁹; ambos los propósitos de la historialidad que desarrollaré en el capítulo 3 de este trabajo: una historia que a diferencia de las que se han

⁷ Por ello afirmo que la historia del mundo del RNA que podría resultar a través de los recursos conceptuales que Rheinberger ofrece, puede conferirle a este supuesto mundo del pasado, y al campo del estudio científico del origen de la vida en general, un nuevo significado epistemológico e histórico que no necesariamente cierra las posibilidades de nuevas reinterpretaciones históricas, y que, por el contrario, *abre* un mundo de posibilidades de crear y recrear diferentes pasados para los objetos epistémicos del presente, constitutivos de las prácticas científicas del ahora. Más adelante trataré de desarrollar la idea rheinbergeriana sobre cómo es que "...el presente, como el futuro del pasado, *no* es el "resultado" del pasado; [sino que] el pasado es el resultado de un futuro..." (Rheinberger, 1999, p. 420, paréntesis mío).

⁸ El origen entonces no desaparece sino que se constituye recíprocamente por un no-origen, que es la traza, la cual se vuelve, entonces, el origen del origen.

⁹ La historia de objetos epistémicos que cuento aquí, no es un resultado de un trabajo de campo etnográfico, sino del estudio de los artículos científicos -textos experimentales- más importantes, los cuales entiendo como huellas o marcas, involucradas en el desarrollo de objetos de investigación, esto es, de objetos que pueden reinsertarse creando una sola historia.

contado tradicionalmente, *intenta dar cuenta del proceso de construcción del conocimiento científico a través de la experimentación como unidad de análisis*. Aproximarse al mundo del RNA con la trama conceptual que Rheinberger nos ofrece, esto es, como una historia de objetos epistémicos que busca comprender *algunos* de los estratos ocultos que lo constituyen, puede conferirle a este supuesto mundo del pasado un nuevo significado epistemológico e histórico, y ésta es la pretensión central del presente trabajo de tesis: *desconstruir al mundo del RNA en dos de los muchos estratos que lo conforman*.

1.2. Hacia una historia de objetos epistémicos

En 1997, Hans-Jörg Rheinberger publica "*Toward a history of epistemic things: synthesizing proteins in the test tube*". En este trabajo se proponen los objetos epistémicos, los sistemas experimentales, y las culturas experimentales como las entidades conceptuales con las cuales es posible construir una historia y una epistemología de la experimentación que libere al experimento de su papel subsidiario en las historias del desarrollo y cambio de teorías (Rheinberger, 1997, p. 138). Se trata de un intento por entender la dinámica epistémica de las ciencias empíricas en términos de las estructuras peculiares de las prácticas científicas.

El estudio de las prácticas científicas vino acompañando al nuevo auge de los estudios de laboratorio¹⁰. La noción de laboratorio guarda una estrecha relación con la noción de práctica cultural. Una práctica cultural es local y se desenvuelve a partir de los recursos disponibles -materiales, conceptuales, sociales-, promoviendo ciertas cargas normativas y valorativas, y delimitando lo que puede hacerse o no, y lo que puede pensarse o no como posible o como dando pautas respecto a lo que vale la pena intentar en un cierto momento y contexto determinados. Toda práctica científica lleva consigo diferencias culturales que *rompen* con la pretensión de estandarizaciones universales de lo que es o debería ser la ciencia (Latour, 1986; Rheinberger, 1997; 1999). Las

¹⁰ Una reflexión sintética sobre los estudios de laboratorio puede consultarse en Knorr-Cetina. 1995. *Laboratory studies: the cultural approach to study of science*. Un estudio ilustrativo del enfoque etnometodológico aplicado en el laboratorio es, por ejemplo, B. Latour y S. Woolgar. 1986. *La vida en el laboratorio: la construcción de los hechos científicos*. Alianza Universidad. España. 326 p.

prácticas científicas son relativas a las diferencias culturales que le dan sentido a las acciones de una manera y no de otra. Y es dentro de una cultura que una tradición científica puede describirse como determinando los sistemas de normas, de representaciones y de preferencias articuladas a su vez, en prácticas locales (Knorr-Cetina, 1995).

En este sentido, siguiendo a Martínez (2003, p.22): "...La construcción del conocimiento científico es en gran medida una construcción de *situaciones* con cierta estabilidad que permiten la generación, el mantenimiento y la diversificación de prácticas. La estabilidad en cuestión es relativa a un conjunto interrelacionado de técnicas, conceptos, patrones de inferencia y explicación que permiten la predicción o manipulación confiable de objetos, conceptos y procesos en el ámbito de esas prácticas. Un experimento o teoría se da en un tipo de contexto o situación que muchas prácticas nos ayudan a delimitar...".

Los estudios de laboratorio incluyen, pues, el estudio de la actividad cultural y técnica de las ciencias dentro de un contexto material y de prácticas simbólicas, que *permite deconstruir*¹¹ los hechos científicos para comprender su proceso de construcción. Los estudios de laboratorio permiten abordar, al mismo tiempo, los aspectos sociales y los aspectos epistemológicos en la generación de nuevo conocimiento, entendida ésta como la historia epistémica de los objetos científicos.

Rheinberger estudia, pues, las situaciones epistémicas como constructoras de conocimiento. Un experimento forma parte de un contexto o situación epistémica en la medida en que ciertas prácticas confluyen en la determinación de un resultado estable y epistémicamente significativo: en la existencia de un "objeto epistémico".

¹¹ Utilizado por J. Derrida hacia finales de los años 60, deconstruir consiste, en efecto, en deshacer, en desmontar algo que se ha edificado, construido, elaborado, pero no con vistas a destruirlo, sino a fin de comprobar cómo está hecho ese algo, cómo se ensamblan y se articulan sus piezas, cuáles son los estratos ocultos que lo constituyen, pero también cuáles son las fuerzas no controladas que ahí obran. Se trata de una intervención activa, estratégica y singular, que afecta a [o, como escribe a veces Derrida, «solicita», esto es, conmueve como un todo, hace temblar en su totalidad] la gran arquitectura de la tradición cultural de Occidente en aquellos lugares en que ésta se considera más sólida, en aquellos en los que, por consiguiente, opone mayor resistencia, en sus límites: sus códigos, sus normas, sus modelos, sus valores. Para la deconstrucción, la historia carece de origen primigenio y de sentido teleológico, un rasgo fuertemente referido por Rheinberger. Regida por el movimiento de la huella, por la *différance* (temporización y, a la vez, espaciamento), la historia es entendida como una historia diferencial, como efecto de la huella, que, por consiguiente, excluye la indiferencia, esto es, la continuidad y linealidad del fluir temporal.

“...Una situación experimental es local y está *situada* en el tiempo y en el espacio; en ella hay objetos científicos y las condiciones técnicas para su existencia, hay reproducción diferencial de sistemas experimentales, hay articulaciones de tales sistemas y hay representaciones grafemáticas...” (Rheinberger, 1997, p. 21, énfasis mío); elementos todos, conformadores de las historias de objetos epistémicos.

Este análisis de situaciones experimentales concretas coloca a Rheinberger frente a la posibilidad de romper o fragmentar los supuestos monolíticos sobre *la* ciencia, al proponer examinar el proceso histórico de producción de objetos científicos desde ciertas unidades funcionales de la actividad científica como son, de hecho, los sistemas experimentales.

La fragmentación de la ciencia en sistemas, lleva también a la fragmentación del tiempo en tiempos locales o internos de desarrollo o despliegue propio para cada sistema. En la propuesta de Rheinberger (1997; 1999), cada sistema de entidades materiales, y por lo tanto de acciones concernientes a tales entidades, posee su propio tiempo interno y sus propios recursos conceptuales y materiales -instrumentos, prácticas, habilidades, objetos epistémicos-técnicos ya estabilizados-.

Los tiempos internos de cada sistema caracterizan la secuencia de estados de un sistema, el cual, a su vez, puede irse reproduciendo de manera diferencial, generando eventos sin precedentes e interactuando, historialmente, con otros sistemas experimentales distintos de él. En la interacción se pueden ir creando campos “híbridos” cada vez más amplios, de sistemas distintos con tiempos propios que se encuentran y arman un juego de lo posible, un espacio de acción y construcción de nuevo conocimiento científico.

1.3. Objetos epistémicos y objetos técnicos: sistemas experimentales

En este apartado pretendo introducir los principales conceptos de los que se vale Rheinberger en la construcción de una historia de objetos epistémicos.

Para Rheinberger la unidad de análisis del quehacer en las ciencias biológicas son los sistemas experimentales; ellos constituyen la unidad mínima integral del trabajo de investigación científica.

El científico experimental no trata con experimentos aislados en relación a una teoría, sino con un arreglo experimental diseñado para producir conocimiento que no está todavía disponible, buscando dar respuesta a preguntas aún no formuladas claramente.

Los sistemas experimentales son sistemas de manipulación que no están del todo definidos previamente. Son sistemas que inextricablemente cogenen fenómenos y entidades materiales.

Para Rheinberger el trabajo científico no comienza con conceptos básicos bien definidos, sino que los conceptos van obteniendo su significado a través de situaciones experimentales: "...de la relación de derivar ideas a partir de la observación material y de imponer ideas sobre lo material se establece un juego derivar de/imponer sobre, cuyos límites van constituyendo los conceptos básicos..." (p.15), conceptos que a la vez son productos y productores de la actividad científica y que constantemente van alterando su significado y función. La misma construcción de conceptos se entrelaza con las prácticas que los operacionalizan, que les dan su referencia empírica y que los hacen funcionar como herramientas para la producción de nuevo conocimiento (Rheinberger, 1997, p. 16).

En este sentido, los sistemas experimentales "son vehículos para materializar preguntas". Originan simultáneamente entidades materiales o fenómenos y los conceptos que vienen a incorporar. Por eso es que en la visión de la ciencia experimental de Rheinberger las teorías no pueden guiar las acciones. Ese hacer característico de una práctica científica, en el que se explicitan las normas y representaciones simbólicas aprendidas tácitamente dentro de una tradición, se despliega a través de sistemas experimentales.

Aceptar a los sistemas experimentales como unidad de análisis para el estudio de la ciencia puede llevarnos a aceptar, como Rheinberger, que la investigación (al menos la biológica) "inicia" con la elección de un sistema experimental más que con la elección de una red teórica. Esto toma sentido en el estudio científico del origen de la vida si pensamos que, luego de la publicación de los trabajos teóricos de Alexander Oparin y John B. S. Haldane, en los 1920's, no fue hasta los experimentos de 1953 de Harold Urey y Stanley Miller que la

cuestión del origen de la vida llevada a un ambiente experimental *comienza a producir* nuevos conceptos y *a alterar* los conceptos anteriores (Kamminga, 1980).

Una historia de objetos epistémicos lo que busca es seguir la historia de los sistemas experimentales, mostrar su dinámica reproductiva, sus articulaciones y sus filiaciones.

Un *sistema experimental* para Rheinberger (p.28-29) consiste de dos elementos distinguibles pero inseparables: los *objetos epistémicos* o científicos y los *objetos técnicos*.

Los objetos epistémicos son entidades materiales o procesos –estructuras físicas, reacciones químicas, funciones biológicas, *escenarios pasados*- que constituyen el objeto de investigación y que, por lo tanto, están en la difusa y vaga frontera entre lo que se conoce y se acepta, y lo que no. Los objetos científicos están en proceso de definición y redefinición. Este proceso de definición requiere un arreglo de cosas dado por los objetos técnicos. A través de este arreglo los objetos de investigación –objetos que incorporan conceptos- se atrincheran y se articulan como parte de otros contextos científicos y técnicos, en nuevas prácticas epistémicas y culturas materiales (artefactos de inscripción, animales de laboratorio, suplementos químicos). Un sistema experimental, en este sentido, se refiere a una construcción de tejido simultáneo de objetos epistémicos y técnicos.

Las condiciones experimentales “contienen” a los objetos científicos en un doble sentido, los embeben y los restringen y limitan: determinan el reino de las representaciones posibles de un objeto epistémico. Los objetos epistémicos suficientemente estabilizados devienen en el repertorio técnico de un arreglo experimental. El proceso de estabilización o atrincheramiento supone procesos sociales que involucran controversias, publicaciones, refutaciones, y que posibilita la remisión material, espacial, conceptual, instrumental y social (entre los diferentes grupos de científicos) de los objetos científicos que se van generando. Los objetos científicos y las condiciones técnicas de su producción están inextricablemente interconectados; son inseparable- y simultáneamente

unidades epistémicas, que una vez estabilizados, son también unidades locales, materiales, sociales, institucionales, técnicas.

Los sistemas experimentales son, en este sentido, ambientes *híbridos* de "...emergencia, cambio y obsolescencia de los objetos científicos que continuamente aparecen y eventualmente se desvían como objetos técnicos..." (Rheinberger, 1997, p.21), son ambientes productores de futuro.

En el estudio científico del origen de la vida, el famoso experimento de Stanley Miller y Harold Urey de 1953, en el que se simuló síntesis químicas prebióticas en un supuesto ambiente primitivo, puede pensarse como un sistema experimental productor de un objeto epistémico como es la Tierra primitiva (un escenario del pasado) la cual, tras una serie diferencial de ajustes y marcas, devino en objeto técnico (el juego de matraces simulándola) atrincherándose en el campo de estudio de la química prebiótica. "...Las condiciones técnicas [el juego de matraces Miller-Urey simulando el ambiente primitivo] determinan el ámbito de las posibles representaciones de una cosa epistémica [la Tierra primitiva, por ejemplo]; y cosas epistémicas suficientemente estabilizadas [el supuesto ambiente primitivo simulado -la Tierra primitiva- y atrincherado por la llamada química prebiótica] llegan a formar parte del repertorio técnico de un arreglo experimental [en muchas de las simulaciones que se hacen hoy de escenarios prebióticos el "dispositivo Miller-Urey" puede formar parte de ellas (Fry, 2000)] ..." (Rheinberger, 1997, p.29, paréntesis mío).

Para Rheinberger la diferencia entre objetos técnicos y científicos es funcional, más que estructural: lo que en determinado sistema experimental es un objeto epistémico, en otro es considerado una condición técnica y viceversa. El que una entidad funcione como técnica o epistémica depende del lugar que ocupe en el contexto experimental.

Los sistemas experimentales, de acuerdo con Rheinberger, deben ser capaces de reproducirse diferencialmente con el fin de comportarse como diseños productores de novedades científicas (comportarse como "generadores de sorpresas", creadores de futuro). Diferencia y reproducción son dos lados de la misma moneda. Para ser productivos, los sistemas experimentales tienen que

estar organizados de una manera tal que la generación de diferencias se vuelva la fuerza directriz productiva. Pero este carácter diferencial sólo tiene sentido dentro de un sistema con condiciones de identidad suficientemente estables. Esta estabilidad es producto del potencial que tienen las novedades encontradas en la forma de objetos epistémicos, de *volverse partes integrales* de las condiciones técnicas futuras.

El carácter empírico o material del sistema experimental va de la mano con la producción de trazas gráficas o grafemas, puesto que los objetos epistémicos son para Rheinberger, *representaciones*: inscripciones que derivan de instrumentos de inscripción dentro del contexto experimental, más que de conceptos o ideas. Los sistemas experimentales se vuelven, desde esta mirada, lugares donde se generan estrategias de significación material, esto es, *lugares donde se generan significantes*.

1.3.1. Fuentes del pensamiento de Rheinberger

Traza, grafema, significante, diferencia, son algunas de las nociones rheinbergerianas que provienen del pensamiento de algunos filósofos como Paul Ricoeur (1986) o Jacques Derrida (1989; 2003).

Rheinberger ha reconocido de una manera explícita que su trabajo hace uso del juego de nociones desarrolladas dentro de los límites de lo que Jacques Derrida ha calificado como la crítica al legado logocéntrico de la metafísica occidental. Es de Derrida de quien Rheinberger ha tomado muchas de las nociones características de su marco conceptual para historiar a los sistemas experimentales. Y es por ello que creo necesario presentar una breve introducción a estas nociones del pensamiento derrideano como "fuente originaria" de la propuesta de Rheinberger.

Aunque introducir brevemente al pensamiento de Derrida no es una tarea sencilla, me parece que algo se puede lograr si tomamos como punto de partida su discutido concepto de diferencia, base de la llamada reproducción diferencial de los sistemas experimentales.

Para Derrida (2003) existe una ventaja de la escritura sobre el habla. La ventaja de la escritura es que el aspecto gráfico permite hacer intervenciones

en el flujo semántico de la lengua, produciendo efectos de significación no detectables en la expresión hablada. Por ejemplo, para Derrida, el término *différance* escrito con una "a", que en francés sólo se escribe con "e", posee el mismo sonido en la voz hablada que *différence* (=diferencia) pero, *sólo en la escritura esa diferencia aparece como una marca irreducible*.

Derrida (2003) coloca a *la diferencia* como productora de todo sentido. La *différance* tiene un doble sentido conjunto: 1) ser distinto, ser diferente – espaciamiento que separa a lo uno de lo otro- y, 2) interposición o retraso – temporalización que difiere, que deja para más adelante, que retarda, que aplaza-.

Los sistemas experimentales de Rheinberger, por su parte, exhiben este rasgo derrideano, puesto que adquieren su sentido en la producción del conocimiento científico al sufrir ciclos de reproducción no idéntica sino diferencial, que permite la generación de eventos sin precedentes. La diferencia se vuelve la fuerza reproductiva de la "maquinaria científica", la productora del sentido de un sistema experimental. Estos eventos sin precedentes van "marcando" una historia que deja ver a un campo de investigación particular como un arreglo híbrido o ensamblaje de sistemas experimentales a los cuales se puede remitir materialmente un historiador de la ciencia.

Las diferencias producidas se pueden materializar inscribiéndolas mediante *trazas*, capaces de remitir a otros elementos de la cadena o sistema. Por medio de esta estructura de remisión material y también social, todo elemento funciona, significa o tiene sentido, remitiendo a otro elemento pasado o posterior (Bolívar, 1990)¹².

La *différance* más que una palabra inventada por Derrida es así, un grafo, un trazo, una huella que puede ser rastreada históricamente¹³.

En este sentido, la escritura parece introducir un factor material al habla: su fijación. La escritura parece convertir a un trazo o grafo, en algo autónomo a

¹² El texto de Latour y Hermant titulado "*Paris, Ciudad Invisible*" (traducción de A. Arellano, por publicar) puede resultar enriquecedor para la discusión en torno a la definición de traza y del proceso de remisión como movimiento (social) de trazas.

¹³ "...Sin una retención en la unidad mínima de la experiencia temporal, sin una huella que retuviera al otro como otro en lo mismo, ninguna diferencia haría su obra y ningún sentido aparecería... La huella es la diferencia... Esta diferencia... permite la articulación de los signos entre sí en el interior de un mismo orden abstracto –de un texto fónico o gráfico, por ejemplo-..." (Derrida, 2003, p. 82).

las intenciones del autor, distanciando a lo que se escribe –un trazo, un texto- de quien lo escribe –un instrumento científico, un autor-. Esta autonomización de un texto permite descontextualizarlo para luego recontextualizarlo mediante el acto de leer (Ricoeur, 1986, p. 95-110). Veamos.

Cuando un discurso (hablado) se convierte en texto (escrito) (Derrida, 2003) parece modificarse su referencia “inmediata” a un mundo empírico. En un discurso la referencia última son el aquí y el ahora determinados por la situación empírica en la que el discurso acontece. Con la escritura ya no hay situación común al escritor y al lector; las condiciones concretas de un referente dejan de existir. Esta eliminación del carácter mostrativo de la referencia hace posible el fenómeno que conocemos como *literatura*, donde toda referencia a la realidad dada puede ser suprimida (Ricoeur, 1986), puesto que las palabras –significantes- se refieren a otras palabras –otros significantes- (Derrida, 2003). Sin embargo, no hay discurso tan ficticio que no se conecte con un mundo empírico. De manera que lo que un texto escrito configura es una *proposición de mundo* (distinto, diferente) de aquel del lector, ampliando las posibilidades de ser-en-el-mundo de quien lee: un lector que en el acto de leer puede redescubrir la realidad (Ricoeur, 1986).

Es dentro de esta discusión filosófica en donde se puede ubicar tentativamente parte del trabajo de Derrida. Para Derrida la filosofía es, también, una literatura (Derrida, 1989; 2003). A través del texto filosófico, principal interés de análisis de Derrida, no sólo se exponen “ideas” sino un conjunto de operaciones literarias y no literarias que gobiernan a la propia escritura filosófica. La deconstrucción aparece aquí como la estrategia derrideana de intervención en el texto filosófico (García-Masip, 2004).

La deconstrucción (es) una operación de desmontaje textual, es lo “otro” del ser del lenguaje, pues, justamente lo que la deconstrucción busca mostrar (es) cómo en todo lenguaje, algo se le escapa, alguna cosa es “nada”. En todo texto, en todo discurso, en toda filosofía algo no se encaja en sus respectivas estructuras: alguna cosa se torna la *huella* o la *traza* de un afuera, en cuanto “otro”, de las estructuras propuestas (García-Masip, 2004).

La desconstrucción como operación de desmontaje, no pretende encontrar *a priori* alguna cosa predeterminada, alguna verdad escondida o algún ser por debajo o entre las estructuras del lenguaje o de aquella estructura que se desconstruye –que pueden ser los sistemas experimentales-. Rheinberger, en este sentido, deja muy claro que no busca contar la historia lineal de lo que realmente sucedió en un pasado dado –fijo y estable- dirigido teleológicamente hacia un presente. El presente se le presenta más bien como traza de una traza.

La desconstrucción es este conjunto de estrategias que buscan desmontar el proceso de construcción de una textualidad¹⁴.

Para Derrida el “texto” es una *red diferencial de marcas*, de trazas, de huellas que se entretajan remitiéndose unos a los otros, dentro y fuera, al mismo tiempo, de sus límites en cuanto texto. El texto es una malla que desborda el marco de sus referencias y de sus significantes, solapando huellas que remiten a otros “sistemas” de producción de diferencias, a otras huellas. La desconstrucción es la estrategia singular para mostrar este trazado o trenzado de un algo que se nos presenta como “acabado, fijo y ahistórico”.

La escritura es, en este sentido, *toda acción de marcar y de hacer entrar en relaciones diferenciales esas marcas*. Por eso para Derrida, el texto no se reduce a la escritura fonético-alfabética y a su lógica lineal y significante. Derrida *amplía la noción de texto* de una manera tal, que Rheinberger la puede usar para dar cuenta de la historialidad de los sistemas experimentales como productores de trazas –generadas experimentalmente- que marcan sus relaciones diferenciales y que los hacen moverse a través del tiempo.

Los sistemas experimentales dejan, en su camino estructurante, en su construirse como estructura, innumerables marcas, trazos o grafemas materiales en la forma de cromatografías, artefactos técnicos, textos experimentales, fotografías, suplementos químicos, etc.

Estas trazas funcionan como las palabras, son significantes. Rheinberger define un grafema como un significante material (Rheinberger, 1997, p 238); los

¹⁴ En el caso de Derrida, una textualidad filosófica; y en el caso de Rheinberger (1997, p. 223), puedo adelantar que se trata de una especie de “textualidad científica” que entiende por texto algo *más allá* de los bordes de un libro (Derrida, 1989; 2003).

objetos epistémicos son, nos dice, articulaciones de grafemas. Identifica traza con grafema, pues la traza es un significante también, que se vuelve parte de los objetos científicos (Rheinberger, 1997, p. 246). Un objeto científico se construye así, a través de un montaje de trazas que se yuxtaponen y desplazan (Lenoir, 1998).

El texto como red diferencial o tejido de huellas que remiten a otras huellas¹⁵ *media* o intercepta (Ricoeur, 1986) la relación entre signo y referente. Si un signo había sido definido por Saussure (en Derrida, 2003) como la unión entre significado (concepto, sentido) y significante (voz, palabra, traza), en la que el significado podía ser pensado como algo independiente de su significante, *Derrida coloca al significado en posición de significante*¹⁶; este movimiento es clave para entender el concepto de espacios grafemáticos de Rheinberger, un punto central que intentaré desarrollar en el capítulo 3 de este trabajo.

La historia de las ciencias contada como una historia diferencial de trazos y huellas –entidades epistémicas–, es una historia de objetos epistémicos del tipo que Rheinberger (1997) desarrolla, en la cual los objetos científicos no significan ni tienen sentido más que remitiéndolos a otros anteriores o posteriores.

Basado en la historialidad –carga intrínseca espaciotemporal– y la *différance* –peculiar poder de desplazamiento de los sistemas experimentales, su reproducción diferencial– la estrategia de Rheinberger es la desconstrucción, la cual devuelve a los objetos científicos que desconstruye la condición de fuerzas activas infinitamente inacabadas.

¹⁵ Esto es, la escritura como traza de otras trazas.

¹⁶ Según Derrida (1989, 2003) suponer que el significado es independiente del significante puede llevar a aceptar la existencia de un contenido ideal, un significado trascendental, al que se le pueden adherir arbitrariamente distintos significantes o palabras. Tal es el prejuicio metafísico que Derrida critica como parte del logocentrismo: el mantener la distinción entre significado/significante –con arbitrariedad del segundo– y el privilegiar al habla sobre la escritura. El privilegio del habla –*logos*– sobre la escritura es, de acuerdo con Derrida, parte del cómo la filosofía concibe el lugar de la escritura en el orden de generación de una verdad filosófica. La escritura siempre se trató como un apéndice del habla, como suplemento de la voz, como un signo del signo hablado. En el logocentrismo, el *logos* ocupa el centro de producción de la verdad, y la verdad es dicha por la voz (hablada) más que por la escritura (voz escrita). De acuerdo con Derrida, no obstante, la voz hablada ya es una forma “escritural” pues es una estructura de marcas diferenciales, en este caso, fónicas. El texto toma el lugar del discurso (Ricoeur, 1986). Antes de ser habla, el habla es una estructura escrita; toda estructura es compuesta por fuerzas de marcación y todo aquello que sea estructurado con fuerzas diferenciales de marcación y con un proceso temporal que ponga en relación a esas marcas entre sí, es un texto para Derrida (García-Masip, 2004).

En lo que sigue intentaré aplicar la estrategia de Rheinberger dentro del campo de estudio de origen de la vida con el objetivo de desconstruir el mundo del RNA en dos de sus múltiples capas constituyentes: el sistema experimental de Miller y Urey simulando la Tierra primitiva, por un lado, y el sistema de Zaug y Cech en torno a las ribozimas, por el otro.

Capítulo 2

El mundo del RNA como una historia de objetos epistémicos

2.1. El estudio científico del origen de la vida

El estudio científico del origen de la vida comprende una multiplicidad de sistemas de investigación (bioquímicos, fisicoquímicos, geológicos, paleontológicos, astronómicos, moleculares, evolutivos, etc.). Las interacciones de estos diferentes sistemas, al mismo tiempo sociales, técnicos, instrumentales, institucionales, crean espacios epistemológicos dentro de los cuales se pretende explicar cómo pudo surgir la vida sobre la Tierra, por vez primera hace más de 3 800 millones de años (Fry, 2000).

2.1.1. El sistema experimental de Miller y Urey

Las fronteras entre disciplinas se vuelven difusas si el estudio del origen de la vida se analiza a través de los sistemas experimentales que dentro de éste se han desarrollado. Uno de ellos es el sistema experimental que H. Urey y S. Miller, de la Universidad de Chicago, desarrollaron en 1953. Este sistema experimental, como veremos, constituye una de las capas edificantes del mundo del RNA cuando este es desconstruido.

El inicio de esta historia se ha contado comúnmente de la siguiente manera.

En 1921, un joven bioquímico soviético, Alexander Ivanovich Oparin, presentó ante la Sociedad Botánica de Moscú un breve trabajo en el que concluía que los primeros compuestos orgánicos se habían formado abióticamente en la Tierra primitiva, previamente a la aparición de los seres vivos, y que éstos últimos se habían desarrollado a partir de las sustancias orgánicas que les precedieron. En 1924, Oparin publicó en ruso un libro titulado "*El Origen de la Vida*", en donde desarrollaba con bastante más detalle su hipótesis materialista sobre el origen de la vida.

En este trabajo, ahora una obra clásica de la biología, sugirió que recién formada la Tierra, cuando aún no habían aparecido sobre ella los primeros seres vivos, la atmósfera era muy diferente de la actual. De acuerdo con Oparin, esta atmósfera primitiva no contenía oxígeno libre, sino que tenía un fuerte carácter reductor debido a la presencia de hidrógeno y de compuestos

como el metano y el amoniaco. Estos compuestos, continuaba Oparin, habrían reaccionado entre sí gracias a la energía de la radiación solar, de la actividad eléctrica, de la alta radiactividad y de fuentes de calor como los volcanes e impactos meteóricos, que habrían dado como resultado la formación de compuestos orgánicos de alto peso molecular los cuales, disueltos en los mares primitivos, habrían de dar origen a su vez, a los primeros seres vivos sobre la Tierra¹⁷.

Cuatro años después, de manera independiente, un biólogo inglés, John Burdon Sanderson Haldane publicó un artículo también titulado "*El Origen de la Vida*"¹⁸, en el que proponía una alternativa extraordinariamente parecida a la hipótesis de Oparin. Ambos concebían como un proceso posible, antes de la aparición de la vida, la síntesis abiótica de moléculas orgánicas. De acuerdo con Haldane, la Tierra había tenido originalmente una atmósfera formada por dióxido de carbono, amoniaco y agua, pero carente de oxígeno libre. Esta atmósfera al interactuar con fuentes de energía, como la radiación ultravioleta, formó una gran cantidad de compuestos orgánicos que se acumularon en la llamada "sopa primigenia", de donde habrían surgido a su vez, los primeros seres vivos.

Oparin y Haldane fueron los primeros en proponer, de forma articulada, hipótesis específicas sobre las condiciones ambientales de la Tierra primitiva y sobre los constituyentes de la atmósfera primitiva que hicieron posible la supuesta síntesis abiótica de compuestos orgánicos, necesaria para la aparición de la vida. Proponían a la vez, un *escenario* que caracterizaba el ambiente de la Tierra primitiva y una *serie de procesos evolutivos "causales"* del origen de la vida que ocurrieron en él. Sus planteamientos abrían la posibilidad de *experimentar* en el campo del origen de la vida, y abrían formalmente

¹⁷ La caracterización ambiental que sugiere Oparin (1921) toma como base los resultados de los estudios experimentales que habían sido desarrollados para entonces (muchos de ellos realizados con fines industriales), en áreas como la astronomía -análisis espectral-, la química orgánica -estudio de coloides-, la geología -estudio de volcanes y lavas-, etc. Ver Oparin, A. I. 1921. The origin of life. En: Deamer, D.W. & Fleischaker, G. R. (eds.). (1994). *Origins of Life: the central concepts*. El trabajo de Oparin puede ser revisado también en publicaciones como: Oparin, 1979. *Origen de la vida sobre la Tierra*; Oparin, A. I. 1998. El origen de la vida en el universo. En: Olea, F. A. y Chávez, L. (eds). *El origen y la evolución temprana de la vida*. Una obra que sintetiza de manera general y hasta los 80's, el trabajo en el campo de origen de la vida se puede encontrar en Lazcano, 1983. *El origen de la vida*.

¹⁸ Haldane, 1994. The origin of life. En: Deamer, D. W. & Fleischaker, G. R. (eds.). *Origins of life: the central concepts*

también, la posibilidad de la *interacción entre diversas disciplinas científicas* como la bioquímica, la astronomía, la geología, la paleontología y todas aquellas que permitieran el desarrollo de diversas *reconstrucciones posibles* de los procesos evolutivos previos y posteriores a la aparición de la vida en la Tierra¹⁹.

Apoyándose en las ideas de Oparin gracias a la publicación, en 1938, de la versión en inglés del libro de Oparin, Miller y Urey construyeron un sistema experimental en 1952-3.

Miller y Urey (figura 1) diseñaron un equipo experimental con tres elementos esenciales que intentaban duplicar la atmósfera primitiva de la Tierra (Miller, 1953). El primero de los elementos era simplemente un sistema sellado de matraces de agua hirviendo, simulando un océano primitivo. El vapor de agua que ascendía y abandonaba dicho matraz, entraba en un segundo compartimiento conteniendo una mezcla gaseosa de metano (CH_4), amoníaco (NH_3) e hidrógeno (H_2), simulando la atmósfera primitiva. Descargas eléctricas

eran ejecutadas por dos electrodos; se mantenía entre ambos el voltaje suficiente para que saltara una chispa en el espacio que los separaba. Una vez que los vapores habían atravesado la descarga, penetraban en una tercera zona más fría, donde se condensaban y formaban gotas de agua, que refluían al matraz simulando un océano²⁰. Los productos químicos se acumulaban en la fase acuosa. El experimento original duró una semana. Según progresaba, el agua del matraz tomó un color pardo-amarillento.

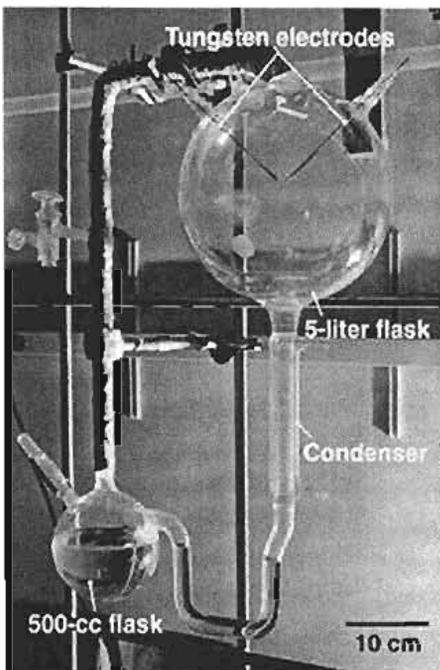


Figura 1. Dispositivo diseñado por Miller. Imagen tomada de: www.astrosetl.org/sopa.php

¹⁹ Reconstrucciones que, de acuerdo con Oparin (1921), no serían más que puentes posibles de unión entre la materia inorgánica y la vida, una gran distancia histórica que ahora podía ser abreviada mediante la apelación a procesos evolutivos.

²⁰ "... El procedimiento experimental fue sellar el matraz después de añadir 200ml de agua, evacuar el aire, añadir 10 cm de presión de H_2 , 20 cm de CH_4 , y 20 cm de NH_3 . El agua en el matraz estaba hirviendo y la descarga corrió continuamente durante una semana..." (Miller, 1953, p. 528).

El juego de matraces diseñado por Miller y Urey es un sistema experimental porque de él emergen, se definen y redefinen, objetos epistémicos que van constituyendo un objeto de investigación, en este caso, la llamada Tierra primitiva en la cual pudo surgir la vida en el pasado. La Tierra primitiva concebida por Oparin y Haldane estaba en la difusa frontera *entre lo que se conocía y se aceptaba* (por ejemplo, siguiendo a Miller (1953; 1959): una atmósfera terrestre pasada -secundaria- libre de oxígeno, con compuestos como el metano, el amoníaco y el ácido cianhídrico, sometida a la acción de algunas fuentes de energía como descargas eléctricas, calor volcánico, radiación solar, que mediante procesos de enfriamiento condesaba el vapor de agua formando, a su vez, océanos con temperaturas cercanas al punto de ebullición del agua, con el amoníaco disuelto en agua, etc.), y *lo que no* (una atmósfera terrestre rica en oxígeno²¹ y nitrógeno, con el agua enlazada en minerales como agua de hidratación, con el amoníaco destruido por la radiación solar, con temperaturas en las cuales el agua no es líquida²², etc.). La definición del objeto de investigación, la definición de sus límites (de los componentes químicos y características de esa atmósfera, hidrosfera, y superficie terrestre del pasado -temperatura, pH, fuentes de energía, etc.-), requería de un arreglo de cosas dado por los objetos técnicos (que es justo el arreglo material proporcionado por los matraces de Miller y Urey de la figura 1).

A través de este arreglo, el objeto de investigación simulado materialmente, esto es, la Tierra primitiva -que incorporaba la lista de conceptos "aceptados" como caracterizadores de su ambiente-, se pudo atrincherar y articular como parte de otros contextos científicos y técnicos, quedando, al mismo tiempo, abierta al cambio en su propia definición²³. Más adelante describiré con más detalle este proceso de atrincheramiento y apertura, de estabilidad y diferencia. Miller analizó el contenido del matraz mediante métodos químicos

²¹ Tal vez 10% de la atmósfera era CO₂, la forma oxidada del metano (Margulis y Dolan, 2002, p. 27).

²² Temperaturas demasiado frías -hielo- o demasiado calientes -vapor- en las que se suponía no podrían formarse los seres vivos (Margulis y Dolan, 2002, p. 28).

²³ De acuerdo con Miller (1953, p. 529) su sistema intentaba "... duplicar una atmósfera primitiva de la Tierra y no obtener las condiciones óptimas para la formación de aminoácidos... es posible que, con aparatos más eficientes (tales como la mezcla de radicales libres, el uso de hidrocarburos del gas natural o del petróleo, dióxido de carbono, etc), este tipo de proceso sea un modo comercial de producir aminoácidos..."

(cromatografías para aminoácidos, sobre todo²⁴) y estudiando las reacciones químicas que tomaron lugar en la atmósfera simulada, también describió los estados intermediarios en la síntesis de los principales compuestos orgánicos obtenidos en el experimento (Miller y Urey, 1959).

Miller encontró que, bajo condiciones reductoras de la atmósfera simulada, cerca del 10% del carbono disponible era convertido a compuestos orgánicos, de los cuales cerca del 2% eran aminoácidos²⁵ (Orgel, 1994; Fry, 2000). Entre los aminoácidos que encontró se encontraban glicina, alanina, ácido aspártico y ácido glutámico, componentes de las proteínas de los seres vivos (Lazcano, 1983)²⁶. *Todos ellos bloques de construcción de los seres vivos.*

Shapiro en su libro *Orígenes*, recapitula lo siguiente: “En 1952, S. Miller...realizó un experimento que tuvo una profunda repercusión en las ideas científicas sobre el origen de la vida. Expuso una mezcla de gases reductores a una fuente de energía, una chispa eléctrica, en un artefacto que había diseñado con el asesoramiento de su director de tesis, H. Urey. Entre los productos de la reacción había cantidades significativas de algunos aminoácidos que figuran entre los 20 de los usados por las células vivas para construir proteínas. La revista *Time* informaba sobre Miller y Urey “...lo que ellos han hecho es *demostrar*²⁷ que los compuestos orgánicos complejos existentes en la materia viva se pueden formar...Si su artefacto hubiera sido tan grande como el océano y hubiera funcionado durante un millón de años, en vez de hacerlo una semana, podría haber producido artificialmente algo parecido a la primera célula viva...”... En el caso del experimento de Miller y Urey, la comunidad científica quedó tan impresionada como el público. El trabajo fue citado en repetidas ocasiones durante los siguientes años, se incluyó en los textos de biología de las universidades y figuró en las más diversas exposiciones museológicas... Se han llevado a la práctica innumerables variaciones del mismo, empleando toda una gama de fuentes de energía y se ha producido una cantidad exorbitante de bibliografía sobre el tema... Las consecuencias del experimento se hicieron sentir en un ámbito mucho más amplio que el del origen de la vida²⁸. Cualquier experimento que produzca un impacto de esta magnitud merece una atención detenida...” (Shapiro, 1987, p.90).

Pero ¿el sistema experimental de Miller demostraba la teoría de Oparin?

De acuerdo con I. Hacking (1996) una de las funciones de los experimentos es la *creación de fenómenos* que no existían previamente en estado puro en el

²⁴ “...La solución del matraz se removió y 1ml de HgCl₂ saturado se añadió para prevenir el crecimiento de organismos vivos... se corrió cromatografía en papel en una mezcla de *n*-butanol-ácido acético-agua seguida por fenol saturado de agua y rociado con ninhidrina...” (Miller, 1953, p.528-529).

²⁵ “...Glicina, α -alanina y β -alanina se identificaron... La identificación del ácido aspártico y del ácido α -amino-*n*-butírico fue incierta porque las manchas eran bastante débiles...Los puntos marcados como A y B... pueden ser beta y gama aminoácidos. Estos son los principales aminoácidos, aunque otros están indudablemente presentes pero en pequeñas cantidades...” (Miller, 1953, p. 529).

²⁶ Adicionalmente, en un análisis más completo, encontró varios ácidos grasos, hidroxiácidos y amidas - urea, ácido acético, fórmico, y propiónico- (Miller y Urey, 1959; Lahav, 1999).

²⁷ Énfasis mío. Precisamente diciendo “In order to test this hypothesis...” comienza el segundo párrafo del artículo original de Miller (1953), justo después de citar el trabajo de Oparin y de Urey. Kamminga (1980, p. 332) presenta también el trabajo de Miller como “prueba” de la hipótesis de Oparin-Haldane.

²⁸ En esta extensión que rebasa el laboratorio de Miller y Urey, reside en un forma explícita el aspecto social de esta historia epistémica, aspecto que a continuación se aborda bajo la categoría de tradición. De esta extensión podría darse cuenta también mediante el enfoque de redes de actores ofrecido por B. Latour, 1988. *The pasteurization of France*. Harvard University Press.

universo. Los fenómenos tienen que tener regularidades discernibles, por lo que un experimento que no es repetible simplemente ha fallado en crear un fenómeno. Miller se esforzó en hacer repetible su experimento, en obtener la misma respuesta de la misma estructura en las mismas condiciones. Hacer discernible el fenómeno, esto es, lograr que funcione y distinguir cuándo funciona el experimento, tiene que ver con la formación, habilidad y práctica del experimentador²⁹, y con convenciones y acuerdos, según su pertenencia a cierta tradición experimental³⁰. Hablar de la repetición de experimentos equivale a decir que éstos se van mejorando hasta que los fenómenos pueden generarse regularmente, hasta que se *estabilizan* dentro de arreglos experimentales complejos. Experimentar es pues, para Hacking, crear, producir, refinar y estabilizar fenómenos. El fenómeno creado y estabilizado por Miller y Urey fue, en este sentido, la síntesis, *en condiciones prebióticas*, de compuestos orgánicos de relevancia biológica.

El sistema experimental de Miller, siguiendo a Hacking, no sólo demostraba o hacía muy probable la hipótesis teórica de Oparin y Haldane sobre un posible escenario y un posible proceso causal para el origen de la vida (el proceso de la síntesis abiótica de compuestos orgánicos en la Tierra primitiva, como parte de la evolución integral de la materia en el universo), *sino que materializaba³¹ y generaba conocimiento, promoviendo nuevas posibilidades de acción en torno a dicha cuestión y marcando nuevos límites a la definición de un objeto científico.*

Un objetivo de una tradición experimental de acuerdo con Hacking, es la construcción de fenómenos. En una tradición experimental, plantea Martínez (2003), los experimentos no se usan para *demostrar* algo que ya se ha inferido de teorías, sino que son vistos como *generadores de conocimiento científico*

²⁹ Al respecto puede ser consultada, por ejemplo, la obra de L. Fleck, 1986. *La génesis y el desarrollo de un hecho científico: introducción a la teoría del estilo de pensamiento y del colectivo de pensamiento*. Rheinberger, por su parte, logra distinguir al menos tres reglas tácitas aprendidas a través de la acción que son comunes en los experimentadores: simetría, homogeneidad y exhaustividad (Rheinberger, 1997, p. 78).

³⁰ Tomaré la definición del trabajo de S. Martínez, 1993. *Método, evolución y progreso en la Ciencia (primera parte)*, en donde se plantea la idea de que una tradición experimental, comunidad de científicos sociológica e históricamente identificable, es aquella que se articula alrededor de problemas y técnicas experimentales y que se desarrolla de manera significativamente autónoma, a lo largo de la historia, de tradiciones teóricas.

³¹ En un juego de matraces conformando objetos técnicos -artefactos que sintetizan lo social y lo epistémico- (Latour, 1986) y objetos científicos.

autónomo, independiente de teorías específicas y necesario para la construcción posterior de teorías.

Es importante distinguir, en este punto, entre fenómeno (de Hacking) y objeto epistémico (de Rheinberger). Para hacerlo me referiré a dos autores citados por Rheinberger: Hacking y Heidegger. Para el primero, un fenómeno es "...un suceso o proceso que puede ser visto y deriva del verbo "aparecer"... un fenómeno es notable... discernible... y ocurre en circunstancias definidas..." (Hacking, 1983, p. 250). Para el segundo, fenómeno significa mostrarse (lo que se muestra en sí mismo, sacar a la luz del día). Un ente se puede mostrar como lo que *no* es en sí mismo (sino como lo que "parece ser" -anunciarse algo que no se muestra por medio de algo que se muestra, -indicio, signo-), y en este sentido ocultar todo lo que es, puesto que no se puede mostrar *todo* él en cuanto lo que él es (Heidegger, 1997). Ambas definiciones comparten el acento griego en el "aparecer" y en el "mostrarse" o hacerse notar bajo ciertas condiciones -que condicionan lo que se muestra-. La "síntesis abiótica de compuestos orgánicos en la Tierra primitiva" es un fenómeno que se muestra bajo las condiciones materiales del arreglo de matraces del sistema experimental de Miller y Urey simulando la "Tierra primitiva" -un objeto técnico en este contexto, con una atmósfera de metano, amoníaco y agua sometida a descargas eléctricas-, pero es simultáneamente, una característica que define al objeto científico en constante definición³² como lo es la "Tierra primitiva" misma -que por ello es también objeto científico y no sólo técnico-. Es decir, los límites de definición de la "Tierra primitiva" como objeto científico (sus temperaturas, sus componentes químicos, sus procesos geológicos, incluso sus procesos de síntesis orgánica posibles) van fluctuando y alterándose dentro de un contexto técnico, de tal manera que esta Tierra primitiva como objeto epistémico suficientemente estabilizado -como objeto técnico- sólo se puede definir a sí misma como aquel escenario en el que se sintetizan compuestos orgánicos abióticamente -una característica técnicamente estable que, no obstante, al variar le irá marcando límites

³² Puesto que no se muestra todo él, de una sola vez, en cuanto lo que él es, proyectándose hacia delante, hacia el futuro (aquí está el carácter sorpresivo, según Rheinberger).

distintos a la propia definición de Tierra primitiva como objeto científico-. La Tierra primitiva exhibe aquí lo que Suárez llama la *doble ontología de los objetos de investigación* – epistémica y técnica-³³, expresada a través de la estabilidad y diferencialidad de los sistemas experimentales.

Síntesis abiótica y Tierra primitiva son ambos objetos generadores de conocimiento, que conforman un sistema experimental que los va definiendo constantemente y que permite a los científicos crear singularidades espaciotemporales (Rheinberger, 1997a) que se pueden reconocer al mostrarse en sí mismas suficientemente estabilizadas (en la forma de fenómenos que se crean dentro de condiciones materiales de laboratorio que permiten su existencia³⁴).

Para explicar el proceso de estabilización (y diferencia) del objeto científico “Tierra primitiva”, me basaré en la reconstrucción que Shapiro desarrolla sobre el trabajo de Miller. Shapiro (1987, p. 94) describe cómo en un primer intento realizado del experimento, Miller no obtuvo aminoácidos (que eran uno de los objetivos del sistema construido). Colocó entonces los compartimientos armados con matraces en un orden diferente, pero utilizando la misma mezcla de gases y la misma chispa; y de nuevo no apareció lo que Miller intencionalmente buscaba. Recompuso el equipo de nuevo y en este ensayo obtuvo un resultado que le satisfizo (producción de aminoácidos³⁵), y esa disposición, *esa relación entre los componentes materiales*, fue la que se adoptó en los siguientes ensayos experimentales, en los cuales siempre se obtenía la misma mezcla de productos, aminoácidos incluidos³⁶.

³³ Un sistema experimental, por lo tanto, construye y deconstruye la realidad misma. La hace hecho – objetivo- o la deshace como artefacto –subjetivo- (Latour, 1986). Un objeto epistémico en construcción exhibiría entonces una *alteridad* entre lo que es –un objeto técnico, por ejemplo- y lo que va dejando de ser para ser constantemente otra cosa –generando así conocimiento científico-, según evoluciona el sistema experimental del que forma parte. Alteridad es un concepto derrideano al que Rheinberger recurre constantemente, refiriéndolo por lo general, como diferencialidad: el sentido de un sistema experimental no preexiste, no está escondido, sino que surge en su despliegue espaciotemporal.

³⁴ En este caso, síntesis abiótica de compuestos orgánicos relevantes para los seres vivos ocurrida en matraces sellados con 200ml de agua, sin aire, y con 10 cm de presión de H₂, 20 cm de CH₄, y 20 cm de NH₃ (Miller, 1953). Sobre este condicionamiento material pueden consultarse los trabajos de Latour.

³⁵ Este es el caso de un componente teleológico en el movimiento del sistema, lo que se busca es producir aminoácidos.

³⁶ Veinte años después de la publicación de sus experimentos originales, Miller narra cómo se esmeró en demostrar ante la comunidad científica que los productos eran exactamente lo que él decía que eran, y que se habían producido por reacciones químicas ante la descarga eléctrica, y no por introducción fortuita de material biológico. “...Resulta sorprendente que las concentraciones químicas en aminoácidos de aquellos

De esto lo que quiero resaltar es que son posibles diferentes resultados a partir del mismo tipo general de experimento. Al parecer, manipulando las variables o componentes del sistema técnico, el agente intencional o experimentador, puede influir profundamente (de acuerdo con sus habilidades, conocimientos y creencias, los cuales seguramente dependerán en gran medida de la tradición científica a la que se pertenece), en los resultados obtenidos. Es en esta relación entre los componentes materiales y los agentes intencionales en donde se materializa el conocimiento y se crean nuevos fenómenos: se construye cierta realidad, que luego se comunica y se traduce como si de hecho así hubiera sido siempre, naturalizándola para luego extenderla hacia una matriz extensa de diversos nuevos agentes³⁷ (se incorpora, por ejemplo, a los resultados de los estudios bioquímicos sobre las ribozimas dentro de una matriz de filogenias universales que les da sentido, como se verá más adelante).

Asociados al fenómeno creado en el sistema experimental de Miller, que fue poco a poco refinado, fueron implicándose nuevos conceptos sobre cómo pudo ser el ambiente de la Tierra primitiva (y por ende, el origen de la vida sobre ella), y fueron también cambiando otros conceptos originalmente derivados de la teoría de Oparin y Haldane (sobre todo aquellos relacionados con la caracterización ambiental de la Tierra primitiva³⁸, delimitando su definición).

Rápidamente se empezaron a llevar a cabo en todo el mundo experimentos de tipo similar usando *diferentes* fuentes de energía y mezclas de gases (Lazcano, 1983). La mayoría de los experimentos posteriores, si bien estaban basados en los principios generales del de Miller y Urey, se fueron haciendo más complicados, y en ellos se lograban producir aminoácidos, azúcares simples, y ocasionalmente bases nitrogenadas como la adenina (Oró, 1961; Deamer y Fleischaker, 1994; Orgel, 1998)³⁹.

primeros experimentos son las máximas recogidas hasta hoy en cualquier experimento prebiótico de esta índole..." (Miller, 1974).

³⁷ Latour (1988), en *The pastuerization of France*, hace notar que los científicos nunca salen fuera del laboratorio, sino que extienden sus escenarios a través de redes por las que circulan los hechos que crean.

³⁸ Cuestiones como, por ejemplo, qué compuestos constituyeron la atmósfera primitiva y cuáles fueron los precursores de los bloques de construcción de los seres vivos, qué tan reductora era la atmósfera primitiva, qué tan caliente estaba la Tierra, etc. Ver Tabla 1 más adelante.

³⁹ Se fueron variando las condiciones iniciales y las fuentes de energía, por ejemplo (según Miller y Urey, 1959): Abelson (1956) hizo mezclas diferentes de gases y logró aislar prácticamente todos los aminoácidos

Los sistemas experimentales son, en este sentido, ambientes híbridos de "...emergencia, cambio y obsolescencia de los objetos científicos que continuamente aparecen y eventualmente se desvían como objetos técnicos..." (Rheinberger, 1997, p.21), produciendo eventos sin precedentes (nuevos compuestos orgánicos sintetizados al cambiar las condiciones técnicas -mezcla de gases, arreglo de los matraces, fuentes de energía-). Un sistema experimental está así, inherentemente abierto a sus potencialidades técnicas.

Ya no solamente se simulaba la atmósfera primitiva sino, por ejemplo, como lo hizo C. Ponnampereuma (citado en Lazcano, 1983, p. 43), también la hidrosfera, colocando un matraz en el que el agua se vaporizaba y acumulaba todos los productos de la reacción de una atmósfera reductora que *en contacto directo* (y a diferencia del experimento de Miller de 1953) con la atmósfera, formaba una sopa primitiva.

Lazcano (1983) destaca cómo es que inicialmente sólo se utilizaban descargas eléctricas como fuentes de energía para síntesis abiótica; rápidamente se generalizó la utilización de otras formas de energía, como radiación UV, partículas aceleradas que simulaban las producidas por el decaimiento radiactivo de algunos elementos, etc. Y como se suponía que la Tierra habría sufrido choques con meteoritos y cometas, se diseñaron también experimentos en los cuales la energía mecánica del choque era simulada con esferas metálicas que atravesaban a gran velocidad mezclas reductoras de gases, o bien, se hacían pasar ondas de choque. Lazcano (1983) hace notar además, cómo se empezaron a usar también otros compuestos como precursores

que se encuentran en las proteínas. Heynes, Walter y Meyer (1957) ejecutaron experimentos con diferentes mezclas de gases con resultados similares a los de Abelson; usaron CH_4 , NH_3 , H_2O y H_2S y obtuvieron tiocianato de amonio, tiourea y tioacetamida (Miller y Urey, 1959). Groth y Weyssenhoff utilizaron luz ultravioleta (fuente de zenón 1849-A, 1470-A y 1295-A), en lugar de la chispa y también obtuvieron aminoácidos. Bahadur (1954) reportó síntesis de serina, ácido aspártico y asparagina mediante la acción de luz solar sobre soluciones de paraformaldehído conteniendo cloruro férrico y nitrato o amonio. Dose y Rajewsky (1957) produjeron aminas y aminoácidos a través de la acción de rayos X sobre mezclas de CH_4 , CO_2 , NH_3 , N_2 , H_2O y H_2 produciendo pocos aminoácidos. Al irradiar con luz UV una solución diluida de HCN Ponnampereuma (1965) obtuvo pequeñas cantidades de adenina y guanina. J. Oro (1961, p. 1193; 1194) añadió ácido cianhídrico y amoníaco al agua y obtuvo, no sólo una mezcla de aminoácidos, sino también, adenina en abundancia. Más tarde añadió a su mezcla básica formaldehído y encontró ribosa y desoxirribosa. C. Ponnampereuma, R. Mariner y C. Sagan añadieron adenina a una solución de ribosa y en presencia de luz ultravioleta consiguieron la formación de un enlace covalente entre la adenina y el OH del C-1 de la ribosa para dar adenosina. Si añadían ácido-orto-fosfórico en la mezcla, obtenían el nucleótido completo. Sánchez, Kimble y Orgel (1968) encontraron que uno de los productos importantes de una descarga eléctrica a través de una mezcla de CH_4 y N_2 es el cianoacetileno que fácilmente se convierte en las pirimidinas citosina y uracilo (Deamer y Fleischaker, 1994).

(además del metano, amoníaco e hidrógeno), entre ellas ácido sulfhídrico, formaldehído, monóxido de carbono, etc. De esta gama de diferencias, surgió una serie igualmente grande de compuestos orgánicos fundamentales para la vida: aminoácidos, purinas, carbohidratos, etc., (Lazcano, 1983, ver Tabla 1).

Precusores en diferentes combinaciones y proporciones	Fuentes de energía libre	Compuestos obtenidos
CH ₄ , NH ₃ , H ₂ , H ₂ O, CO, H ₂ S, H ₂ CO, HCN, NH ₄ NO ₃ , H ₂ CN, NH ₂ OH, etc.	Descargas eléctricas, radiación UV, luz solar intensa, ondas de choque, etc.	Aminoácidos – proteínicos y no-proteínicos
CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O y aminoácidos	Calor, radiación UV, descargas eléctricas	Dipéptidos y polipéptidos
CH ₄ NH ₃ , H ₂ O, HCN, HC ₂ CN, KCN, CN y ribosa, adenina, desoxirribosa, fosfatos	Radiación UV, rayos beta, calor, descargas eléctricas	Purinas, pirimidinas y nucleótidos
Nucleótidos, ác. uridílico, fosfatos	Descargas eléctricas, calor	Polinucleótidos
CH ₄ , NH ₃ , H ₂ , H ₂ O, H ₂ S, N ₂ , ácido cítrico	Descargas eléctricas, radiación UV, bombardeo con protones o electrones	Compuestos nitrogenados (urea, metil-urea)
HCN, NH ₃ , H ₂ O, H ₂ CO	Calor, radiación UV, rayos beta y gamma	Aldehídos y azúcares (glucosa, ribosa, desoxirribosa)
Glucosa, fructuosa, ribosa	Calor	Polisacáridos
Pirroles, benzaldehído, H ₂ CO, CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O	Radiación UV, descargas eléctricas	Porfirinas

Tabla 1. Algunos resultados de distintas síntesis abióticas. Tabla tomada de: Lazcano, 1983. p. 45.

Y me parece que es justo aquí donde se expresa mejor

el tipo de reproducción diferencial –combinando estabilidad y diferencia- que de acuerdo con Rheinberger, caracteriza a cualquier sistema experimental. La Tabla 1 y la nota al pie 39 sintetizan este rasgo: *los sistemas experimentales adquieren su sentido en la producción del conocimiento científico al sufrir ciclos de reproducción, no idéntica, sino diferencial, que permite la generación de novedades.* La diferencia se vuelve la fuerza reproductiva de la “maquinaria científica”, y es ésta la que va definiendo los límites del sistema experimental que se reproduce⁴⁰.

⁴⁰ “...La diferencia es lo que hace que el movimiento de la significación no sea posible más que si cada elemento llamado ‘presente’... se relaciona con otra cosa, guardando en sí la marca del elemento pasado y dejándose ya hundir por la marca de su relación con el elemento futuro... *constituyendo lo que se llama presente por esa relación con lo que no es él... Es preciso que le separe un intervalo de lo que no es él para ser él mismo...* es lo que podemos llamar espaciamiento, devenirespacio del tiempo o devenirtiempos del espacio (temporalización)... ‘síntesis originaria’... no-originaria, de marcas...” (Derrida, 1989, p.48, énfasis mío). Esta noción del pensamiento derrideano es tomada por Rheinberger constituyéndose en una característica central de todo su planteamiento. Es en la separación, en la diferencia, tanto para Derrida como para Rheinberger, *en la que un objeto gana identidad*; cuando éste se separa de otro en un camino laberíntico no predeterminado para ello. Los objetos científicos están en proceso de definición y redefinición, y por eso constantemente cambian sus límites. Trazas de la diferencia en Derrida pueden encontrarse en Heidegger. Una cosa para Heidegger (1997, p. 182) se comprende en función de otra cosa, diferenciándose de este modo –siendo algo-, de otras posibilidades de ser. El rasgo de la diferencialidad en la propuesta de Rheinberger trabaja de esta manera también, y así es que va definiendo las identidades de los objetos

Las novedades son siempre el resultado de singularidades espacio-temporales (Rheinberger, 1997a). Lo que un objeto es se conoce frente a lo nuevo, frente a lo que no es él, frente a la diferencia: ahí se define el sentido de un algo (un algo que está abierto al ser porque no se muestra todo en sí mismo de una sola vez, sino a través de su reproducción diferencial -se muestra historialmente-). Estabilidad y diferencia van marcando los límites de un objeto científico en constante alteración.

Por ejemplo, Miller y Urey (1959) reconocían que había muchas condiciones bajo las cuales se pueden producir compuestos orgánicos. Sin embargo, afirmaron, "...todas estas condiciones son más o menos reductoras... Antes de aceptar un juego de condiciones para la Tierra primitiva, uno debe mostrar que las reacciones (químicas) conocidas que pueden tomar lugar (bajo esas condiciones) no cambiarán rápidamente las condiciones de esa atmósfera a otra (a una oxidante)... Las condiciones propuestas deben ser consistentes con las leyes conocidas para el escape de hidrógeno..." (Miller y Urey, p. 245). La condición de una atmósfera más o menos reductora⁴¹ juega así, el papel de una pared o *límite que define* a un objeto epistémico -responde a la pregunta sobre cómo era la Tierra primitiva- pero *que queda abierta*, en el sistema experimental, a la posibilidad de irse *alterando* a su propio ritmo interno -hacerse más, menos, o no-reductora-. Es un límite porque *condiciona la diferencia*, lo que se puede producir dentro de él y lo que no, y porque implica otra serie de características asociadas a la definición del objeto epistémico en cuestión. Esto es, Miller y Urey (1959) aceptaban que "...la atmósfera bajo condiciones reductoras contendría algo de hidrógeno, metano, nitrógeno y amoníaco, pequeñas cantidades de monóxido y dióxido de carbono... de hidrocarburos pesados, sulfuro de hidrógeno y fosfina... [por lo que] compuestos termodinámicamente inestables en estas atmósferas reductoras -como el oxígeno, óxidos de nitrógeno y de azufre- *pudieron no haber estado presentes más que en pocas partes por millón...[además] uno podría esperar que una atmósfera reductora sea más fría* que una oxidante *porque* el metano y el amonio puede emitir radiación Infrarroja mientras que moléculas diatómicas como el nitrógeno y el oxígeno

científicos, *siempre abiertos a poder-ser otra cosa*, (como resultado de la reproducción diferencial y del 'injerto' en la hibridización propia de la historialidad de los sistemas experimentales, éstos como expresión de la acción humana, algo que se verá más adelante).

⁴¹ "...Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno... tienen atmósferas de metano y amoníaco... Es razonable esperar que la Tierra primitiva... comenzó con atmósferas reductoras... Los meteoritos... materiales sólidos más próximos a los que formaron la Tierra... están altamente reducidos..." (Miller y Urey, 1959, p. 245).

no... El *monóxido de carbono* [por ejemplo] *no debería* haber sido un constituyente importante de la atmósfera... *según* [lo describe] la reacción... [Según otra reacción] el amoníaco *habría estado* en el océano en vez de en la atmósfera, y se habría descompuesto al bajar la presión de oxígeno a 10^{-5} atm... asumiendo un pH de 8, como el actual. Un pH más alto habría hecho al amoníaco menos estable; lo inverso siendo cierto para un pH más bajo... Todos los óxidos... al ser inestables en estas condiciones... habrían sido raros [pues]... *Si las condiciones eran oxidantes no se sintetizaban aminoácidos*... Mientras que la luz UV es una mayor fuente de energía que las descargas eléctricas, el mayor progreso en la síntesis orgánica *bajo condiciones primitivas sucedió* con descargas eléctricas... la energía con rayos cósmicos es despreciable en el presente, y no hay razón para asumir que fue mayor en el pasado..." (Miller y Urey, p. 245-46, paréntesis y énfasis mío).

A través de la reproducción diferencial de su sistema experimental, ejemplificada en la nota al pie 39, estos límites establecidos por Miller y Urey fueron alterándose. Veamos.

Uno de los parámetros más importantes para la atmósfera primitiva, según el párrafo anterior, es el estado de oxidación de los gases atmosféricos iniciales, el cual de acuerdo al modelo de acreción terrestre, depende del estado de oxidación del manto superior de la Tierra (Walker, 1998). Bajo el supuesto de agregación inhomogénea de la Tierra durante su formación, los gases atmosféricos que se liberaron del interior de la Tierra no habrían estado más reducidos que los gases volcánicos actuales que han estado en equilibrio con el magma. La atmósfera primitiva podría haber sido entonces similar a la actual⁴²; una atmósfera como tal, no fuertemente reductora como la de Miller, tiene implicaciones prebióticas que indagar.

Pinto Gladstone y Ling Yung (1980) propusieron, en este sentido, que el formaldehído pudo producirse por reacciones fotoquímicas en la atmósfera primitiva *si ésta estuvo compuesta de* "...nitrógeno molecular, vapor de agua, dióxido de carbono y cantidades menores de hidrógeno molecular y monóxido de

⁴² De acuerdo con Fry (2000, p. 114) y Walker (1998), según el modelo dominante de acreción terrestre fría u homogénea -favorecido por la presencia de hierro metálico en el manto-, la naturaleza de los gases emitidos era reductora. Evidencia más reciente soporta un modelo de acreción caliente o inhomogénea -se funde y diferencia la Tierra en núcleo y manto antes de adquirir una capa rica en volátiles de la nebulosa solar-, el cual supone que el hierro fue removido del manto desde el principio concentrándose en el núcleo terrestre, creando un manto oxidado; los gases liberados de esta manera serían agua, dióxido de carbono y nitrógeno, y *no metano, amoníaco y agua*.

carbono...”, es decir, cuando ésta era un poco menos oxidante que la actual, pero de carácter *poco-reductor*. “... La oxidación fotoquímica del metano es una fuente importante de formaldehído en la atmósfera... el formaldehído pudo haber jugado un papel importante en las síntesis prebióticas... Aunque el estado de oxidación de la atmósfera prebiótica es todavía incierto... *los principales constituyentes atmosféricos debieron ser dióxido de carbono, nitrógeno y agua, con pequeñas cantidades de monóxido de carbono e hidrógeno...*” (Pinto, Gladstone y Ling Yung, 1980, p. 183, énfasis mío). Según estos autores, moléculas orgánicas simples pudieron haberse liberado a los océanos a partir de reacciones fotoquímicas *sólo en una atmósfera débilmente reductora*. Los mismos resultados fueron defendidos en 1982 por Levine, Augustsson y Natarajan, quienes afirmaron: “...En el pasado se asumía que la atmósfera primitiva de la Tierra contenía cantidades apreciables de metano y amoníaco... Consideraciones fotoquímicas sugieren hoy que una atmósfera dominada por metano y amoníaco *fue de corta vida si es que existió*. En su lugar, consideraciones geoquímicas, geológicas y fotoquímicas *favorecen una atmósfera de dióxido de carbono y nitrógeno...* liberados desde el interior de la Tierra...” (Levine, Augustsson y Natarajan, 1982, p. 245).

La cuestión sobre la composición de la atmósfera aún ahora está en debate. Postular una atmósfera no-reductora hace difícil explicar la generación de moléculas orgánicas simples y su posterior evolución, -en condiciones débilmente reductoras se producen *pocas* moléculas orgánicas; en condiciones oxidantes *no* se producen aminoácidos (Lahav, 1999)-. Según Fry (2000), investigadores como Allegre y Schneider (1994) favorecen también la liberación de dióxido de carbono y agua, dentro del supuesto de la acreción. Seguir este supuesto, sin embargo, *deja abierta la posibilidad de que*, por ejemplo, los impactos de meteoritos y cometas sobre la superficie de la Tierra hayan sido la fuente principal de los componentes iniciales que Miller y Urey proponen y que facilitaron las síntesis prebióticas subsiguientes simuladas por Miller⁴³ (Chyba y Sagan, 1992). *También abre la posibilidad* de indagar en torno a los papeles mismos de algunos de los componentes prebióticos

⁴³ El espectro de masas del cometa Halley sugiere que el polvo cometario tiene un componente orgánico que puede incluir adenina y otras purinas, así como polímeros de ácido cianhídrico. En condritos carbonáceos, así como en el análisis del meteorito Murchison, se han encontrado aminoácidos proteínicos y no-proteínicos, ácidos carboxílicos, purinas, pirimidinas, etc. (Lazcano, Fox y Oró; 1992).

iniciales, como por ejemplo, el del formaldehído y el del ácido cianhídrico; el formaldehído se forma *fácilmente* en condiciones débilmente reductoras, mientras que el ácido cianhídrico –precursor importante de nucleótidos y aminoácidos- *difícilmente* se produce en estas condiciones. Otras alternativas distintas también han sido propuestas, como aquella de Wächterhäuser, quien supone que las moléculas prebióticas se originaron en fracturas submarinas de la corteza terrestre por las que sale agua supercalentada rica en metales de transición y H₂S (Lahav, 1999; Forterre, 1999).

Cualquiera de estas consideraciones va favoreciendo una u otra de las posibilidades sintetizadas en la Tabla 1, y van delineando –sobre la marcha- el camino del sistema experimental de Miller y Urey en la definición del objeto científico “Tierra primitiva” –*su sentido*-. Y este es el tipo de paredes rheinbergerianas no preexistentes que van emergiendo en el proceder laberíntico de la práctica científica alrededor de un sistema experimental que va definiendo al objeto científico en cuestión –la Tierra primitiva-, a través de estabilizaciones y desestabilizaciones del mismo.

Las ideas sobre las condiciones fisicoquímicas prebióticas han ido cambiando, y luego del optimismo que los siguió, los experimentos de química prebiótica se comenzaron a considerar con mayor cautela, al admitirse que *un ligero cambio* en cualquiera de las condiciones y eventos primitivos, según sintetiza la Tabla 1 y la nota al pie 39, *habría producido una historia diferente sobre la Tierra* (Fry, 2000). Los científicos hicieron evidente que cualquier hipótesis que contribuyera a explicar el origen de la vida, requeriría consistencia entre teorías sobre el ambiente primitivo, y sobre las transformaciones químicas y bioquímicas posibles en cada estado evolutivo de la Tierra⁴⁴ (Kamminga, 1988).

Con (y a partir) del sistema experimental iniciado por Miller y Urey se fue creando un *espacio cultural heterogéneo*, en donde elementos materiales, conceptuales y sociales se fueron entretejiendo, y una *realidad pasada se fue*

⁴⁴ Adicionalmente requerirían explicar detalles como, por ejemplo, la asimetría molecular de los seres vivos actuales, en quienes todos los aminoácidos son de la forma quiral L-aminoácidos (salvo unos cuantos de la forma D localizados en la pared celular de ciertas bacterias), en tanto que los azúcares son de la forma D, puesto que en todos los experimentos de síntesis abiótica se forman siempre mezclas racémicas, es decir, se producen los dos tipos de moléculas (L y D) en cantidades iguales (Lazcano, 1983, p. 50).

construyendo. Pues una vez estabilizado el sistema, una vez que Miller produjo un hecho estable, la Tierra primitiva simulada, comenzó a introducir nuevas variantes para desestabilizar unas partes de la asociación que había logrado y generar así nuevo conocimiento, (generar sorpresas, diría Rheinberger). Esto ha caracterizado el trabajo experimental en la química prebiótica posterior a Miller: estabilizaciones interactivas que traducen lo material en lo conceptual y viceversa, y que se van conformando mutuamente (exploraciones continuas de bajo *qué* condiciones supuestas de la Tierra primitiva se obtienen *qué* compuestos orgánicos relevantes, ver Tabla 1). Y el ajuste al que me refería, y que se da en la relación entre el agente intencional y los componentes materiales, se puede pensar como lo plantean Martínez y Suárez (1996, p.63), como resultado de un proceso evolutivo en el cual están integrados inextricablemente (hibridizados) aspectos materiales y conceptuales del mundo. El mundo consistiría de fenómenos que hemos puesto ahí, pero que no son meras invenciones o artificios de nuestra mente. El contenido de nuestros conceptos estaría imbuido tanto de conceptos como de ese mundo exterior que se resiste y evoluciona a través de nuestra búsqueda por controlarlo y predecirlo; los objetos serían a la vez, productos de la mente y del mundo, en donde la mente y el mundo hacen conjuntamente a la mente y al mundo.

La "Tierra primitiva" obtuvo, en parte, su significado a partir de la situación experimental creada por Miller y Urey: se volvió al mismo tiempo un escenario sobre el cual especular –un objeto de investigación– y un escenario que podía simularse materialmente –un objeto técnico–. A través de un arreglo experimental, un objeto de investigación –incorporando un juego de conceptos (Oparin, Haldane, Urey⁴⁵, Miller)–, se atrincheró y poco a poco fue articulado como parte de otros contextos científicos y técnicos, en nuevos tipos de ensayos que incluían pequeñas variaciones respecto del "original". En este sentido, dicho sistema experimental "fue un vehículo para materializar preguntas", pues conforme se obtenían nuevos resultados (todos consistiendo de un listado de compuestos orgánicos, obtenidos en distintas proporciones,

⁴⁵ De éste último, principalmente los desarrollados en el trabajo titulado "On the early chemical history of the earth and the origin of life", publicado en 1952, en *PNAS*.

bajo distintas condiciones) se fueron (re)planteando y respondiendo nuevas preguntas sobre lo que pudo suceder en aquel pasado sin vida.

Una vez estabilizado el *hecho* de “la Tierra primitiva”, éste se puede pensar como un resultado lógico de un proceso teleológico teoría→experimento-que-la-prueba. Sin embargo, Miller y Urey (así como Orgel, Oró, Ponnampereuma, y la nueva oleada de químicos prebióticos) se comportaron como improvisadores (*tinkerers*)⁴⁶. En este sentido, Rheinberger (p. 74) ha afirmado que un sistema experimental bien puede ser comparado con un laberinto cuyas paredes no existen inicialmente, sino que se van construyendo al mismo tiempo que van cegando y guiando al experimentador en su trabajo. En efecto, un sistema experimental para producir lo que después serán novedades epistémicas requiere del balance (en tensión) de dos condiciones: reproducción y diferencia; es decir, de 1) ser lo suficientemente estable para soportar ciclos de reproducción dotados de un tiempo interno para actuar conforme un arreglo historial, y al mismo tiempo de, 2) ser lo suficientemente dúctil para dar lugar a lo impredecible, al movimiento de lo que Derrida ha llamado la diferencia⁴⁷.

Las sucesivas *reproducciones diferenciales* del sistema Miller-Urey realizadas por otros autores⁴⁸ muestran que este concepto de Rheinberger se refiere, *no* a un proceso de copias o réplicas, *no* a una repetición de resultados, sino a una cadena ininterrumpida de eventos a través de los cuales se mantienen las condiciones materiales del mismo proceso experimental⁴⁹: “...reproducir [diferencialmente]... es mantener vivas las condiciones -objetos de investigación, instrumentos, artefactos, habilidades- que mantienen ‘productivo’ a un sistema experimental... generando nuevos fenómenos

⁴⁶ Miller parece reconocer este proceder en sí mismo, según la descripción que hace de su trabajo en “The first laboratory synthesis of organic compounds under primitive earth conditions” (1974). En: Neymen, T. (ed) *The heritage of Copernicus: Theories “Pleasing in the mind”*. MIT Press. USA. p.p. 228-242.

⁴⁷ Rheinberger (1999) ha hecho en este punto una analogía con el proceso de evolución biológica al afirmar a ésta como un proceso de producción de algo que después se ve como novedoso sin que haya sido producido para ese fin de forma predeterminada.

⁴⁸ De algunos de estos trabajos posteriores existe una interesante compilación hecha por Deamer, D. W. & Fleischaker, G. R. (eds.). 1994. *Origins of life: the central concepts*.

⁴⁹ Este proceder, según Rheinberger (p. 78) respondería, al menos, a tres reglas tácitas que pueden ser reconocidas en la acción de un experimentador: simetría (probar todas las posibles combinaciones de los diferentes componentes de un sistema), homogeneidad (mantener invariantes ciertas condiciones) y exhaustividad (probar en el mismo contexto experimental todas las “n” posibles combinaciones).

acoplados a la coproducción de los ya existentes... ” (Rheinberger, 1997, p.75, paréntesis mío).

Un sistema experimental debe permitir la emergencia de las diferencias, implicar variaciones, y ser, en este sentido, impredecible. Un sistema experimental que adquiere gradualmente sus límites, crea resonancia entre diferentes representaciones y crea un espacio para la emergencia de objetos impredecibles, *a través de un juego entre estabilización-desestabilización*. Es la “diferencialidad”⁵⁰ la que dota de poder generativo a los sistemas experimentales convirtiéndolos en procesos *historiales* (Rheinberger, 1997, p. 81-83)⁵¹.

Un objeto epistémico, como lo es en un momento de la historia la “Tierra primitiva”, se vuelve un objeto técnico estable al integrarse (atrincherarse) a una rutina de un nuevo sistema experimental –que de por supuesto que ese juego de matraces simula, sin duda, el ambiente primitivo-. En lo que sigue trataré de mostrar que el sistema Miller-Urey se integra con otros sistemas experimentales que vuelven a la Tierra primitiva un objeto técnico –y una traza- en la historia epistémica del “mundo del RNA”.

2.1.2. El encuentro con las ribozimas

En el campo de la bioquímica, tradicionalmente se había considerado a las moléculas de RNA como cadenas de nucleótidos con una química relativamente poco interesante. Pero esta concepción cambió en 1986, cuando un grupo de la Universidad de Colorado desarrolló un sistema experimental que permitió “descubrir” a moléculas de RNA, después llamadas ribozimas (Cech, 1986), con actividad catalítica y con un tipo de reactividad química antes asociado sólo a

⁵⁰ El verbo “diferir”, en latín *differre*, tiene dos sentidos principales: por un lado, diferir es temporizar, recurrir a una temporización (como, por ejemplo, cuando se habla de “diferir” un deseo). Por otro lado, diferir implica también no ser otro, ser discernible. La palabra *différance*, con “a” apunta a compensar la pérdida del sentido de temporización y también de espaciamiento presentes en la noción de diferencia. Este doble sentido de espaciamiento y temporización pone en cuestión la idea de presencia, como así también la de su opuesto, la de falta, y permite preguntarse por el límite que obliga a pensar el ser en términos de presencia y ausencia. Para Derrida la propiedad de un concepto (por ejemplo, *identidad*) depende de su diferencia respecto al concepto excluido (en este caso, la *diferencia*). Esto equivale tanto como decir que todo concepto lleva dentro de sí la huella o la marca de aquello a lo que se esfuerza en oponerse en una pura exterioridad.

⁵¹ Una historialidad que en el caso del estudio del origen de la vida, otorga un papel crucial a las consideraciones derivadas de otros múltiples sistemas experimentales de tipo geológico, astronómico, cosmológico, geofísico, etc., que para fines analíticos no son abordadas en esta tesis.

las proteínas (Alberts, *et al.* 1994). El trabajo con las ribozimas constituye otra de las capas constituyentes del mundo del RNA.

El sistema experimental creado por Zaug y Cech [la auto-edición (*auto-splicing*) *in vitro* del rRNA del ciliado *Tetrahymena thermophila*] correspondía a un "linaje" de actividades experimentales en bioquímica y biología molecular que venía desarrollándose años atrás independientemente del de Miller y Urey en la química prebiótica. Zaug y Cech experimentaban en torno a la posibilidad de la replicación de ácidos nucleicos en ausencia de enzimas catalíticas.

Este tipo de trabajos remontan al mecanismo de reacción descrito por Inoue y Orgel (1983). Estos investigadores habían encontrado que un polímero de RNA poli-C -policitidina- puede actuar como un molde para la polimerización no-enzimática, si están presentes monómeros activados químicamente. La presencia de estos monómeros desata una reacción en cadena en la cual la energía de cada monómero va activando reacciones en cadena. La activación monomérica se puede conseguir con soluciones de guanosina-monofosfato (GMP), en la cual cada GMP tiene un grupo metil-imidazol unido al fosfato a través de un enlace éster (2-MeImpG). Los 2-MeImpG deberían ser capaces de perder el grupo MeImp con la formación simultánea de enlaces químicos entre los grupos ribosa y fosfato, produciendo así, largas cadenas de poliguanosina (poli-G). La reacción tardaría muchos días si a esta solución no se le agregara una pequeña cantidad de un polímero de RNA (poli-C). Cuando este polímero se añade al sistema [que fue lo que hicieron Inoue y Orgel (1983)], en pocos días la mayoría de los monómeros se han ligado en polímeros de poli-G's. Este tipo de polimerización es catalizado mediante RNA poli-C como molde y con grupos 2-MeImp unidos a la G actuando como sustrato (Inoue y Orgel, 1983).

Estudios experimentales sobre polimerización, como éste, se volvieron importantes para el campo de origen de la vida a partir de los resultados en química prebiótica (Deamer y Fleischaker, 1994). La implicación es que las moléculas orgánicas simples como los aminoácidos y los nucleótidos -las obtenidas en las síntesis prebióticas Miller-Urey- se deberían poder asociar formando polímeros, pues habitualmente son éstos, los polipéptidos -

proteínas- y los polinucleótidos –ácidos nucleicos-, los constituyentes más importantes de los seres vivos (Alberts, *et al.*, 1994).

Por su parte, Thomas R. Cech y Arthur J. Zaug (1986) describieron una reacción que consistía en la auto-edición (*auto-splicing*) *in vitro* del rRNA del ciliado *Tetrahymena thermophila*, en el cual una secuencia intrónica se remueve a sí misma de la larga cadena precursora del rRNA, mientras que une los dos extremos para formar la molécula de rRNA funcional. Cech y Zaug demostraron que la secuencia intrónica presentaba actividad catalítica, semejante a la de una enzima, y que la reacción ocurría en dos etapas. Dicha ribozima catalizaba el rompimiento y el empalme de sustratos de oligonucleótidos dependiente de la secuencia (Zaug y Cech, 1986). Cech mostró también que el RNA podía actuar como su propia polimerasa, catalizando la reacción en la cual el ácido citidílico es polimerizado sobre un molde interno (y no externo como las polimerasas enzimáticas) para formar el ácido policitidílico, un polímero de RNA (Alberts, *et al.*, 1996).

La secuencia intrónica de 400 nucleótidos de longitud (la RNA L-19IVS) fue sintetizada en un tubo de ensayo. Se observó que era capaz de plegarse formando una compleja superficie y que podía actuar como una enzima en reacciones con otras moléculas de RNA. Podía, por ejemplo, juntar dos sustratos determinados –un nucleótido de guanina y una cadena de RNA- y catalizar su unión covalente cortando la cadena de RNA en un lugar específico. En este tipo de reacción la propia secuencia intrónica actúa de forma repetitiva cortando numerosas cadenas de RNA (Zaug y Cech, 1986).

Estos hallazgos de Zaug y Cech (1986) permitieron reflexionar y experimentar en torno a la versatilidad de la molécula de RNA. En una molécula de RNA, a diferencia de una de DNA⁵², confluían dos características especiales de todo

⁵² Diferencias químicas y estructurales que en síntesis son: a) el RNA tiene un grupo hidroxilo en el carbono 2' de su azúcar (ribosa), que en el DNA se encuentra sustituido por un átomo de hidrógeno (2-desoxirribosa); b) en lugar de usar el nucleótido timina, como el DNA, el RNA usa con mayor frecuencia el uracilo; c) debido a la presencia de un grupo hidroxilo extra en el azúcar, el RNA es demasiado voluminoso para formar una doble hélice estable, por lo que el RNA existe como una cadena sencilla; sin embargo, pueden formarse regiones de doble hélice donde existan bases complementarias (U-A; G-C), resultando en asas-horquilla; la molécula del RNA con sus asas horquillas se dice que tiene una estructura secundaria; d) la regla A+C = U+G no puede ser aplicada para el RNA; e) como la molécula del RNA no está restringida a formar una doble hélice como el DNA, es capaz de formar muchas estructuras terciarias diferentes, complejas e inusuales; cada molécula de RNA, dependiendo de su secuencia de bases, puede plegarse en

sistema vivo: a) una genética, que consiste en transportar información codificada en su secuencia de nucleótidos capaz de ser transmitida mediante el proceso de replicación, y b) una bioquímica (enzimática), que consiste en tener una estructura plegada única que determina la manera cómo interactuará con otras moléculas y responderá a las condiciones ambientales. Mientras la secuencia de nucleótidos de una molécula de RNA –de una ribozima- puede ser análoga al genotipo, su estructura tridimensional plegada puede ser análoga del fenotipo, expresión de la información genética que puede ser sujeto de la selección natural, en sentido estricto (Alberts, *et al*, 1994). Además de actuar como molde para su propia replicación, las moléculas de RNA de Zaug y Cech podían catalizar la ruptura y formación de enlaces covalentes, incluyendo uniones entre nucleótidos.

Sin embargo, las “ribozimas” no fueron llamadas así ni caracterizadas como tales en el artículo original de Cech y Zaug (1986). No fue sino hasta el artículo que Cech publica en 1986 que las ribozimas se volvieron un objeto epistémico nuevo que emergió del contexto experimental creado en el laboratorio junto con Zaug. A partir del artículo publicado sólo por Cech en 1986, las “ribozimas” son: “...moléculas de RNA que muestran catálisis intramolecular o que actúan como enzimas... Una ribozima hipotética que tiene actividad enzimática conocida es la RNA L-19IVS...” (Cech, 1986, 4360), éste último, el segmento sintetizado en el contexto experimental *in vitro* de rRNA de *Tetrahymena thermophila* (Zaug y Cech, 1986), un segmento que se volvería objeto epistémico y técnico de futuras investigaciones⁵³.

Fue a partir de estas consideraciones, que Cech comenzó a especular sobre el origen de la vida y el papel de las ribozimas en éste (Cech, 1986).

estructuras tridimensionales estables; la considerable versatilidad funcional del RNA es atribuible a esta notable capacidad de cambio conformacional.

⁵³ A esta secuencia se le conoce luego como la “ribozima *Tetrahymena*”, un objeto epistémico sobre el cual se continuaron realizando múltiples estudios que fueron alterando los límites de su propia definición, por ejemplo: Piccirilli, J., McConnell, T., Zaug, A., Soller, H y Cech, T. (1992). Aminoacyl Esterase Activity of the *Tetrahymena* ribozyme. *Science*, **256**: 1420- 1424. En este ejemplo, el investigar sobre las propiedades de esta ribozima como aminoacilesterasa al mismo tiempo que supone la posibilidad de extender los límites de definición de las ribozimas como objetos de conocimiento, supone también a la “ribozima *Tetrahymena*” como un objeto técnico suficientemente estabilizado –materializado como secuencia intrónica que se puede incluir técnicamente en una solución- que hace posible su desestabilización –para el desplazamiento de sus propiedades enzimáticas como límites-. Estabilización y desestabilización se implican mutuamente (Rheinberger, 1998). El sistema experimental de Zaug y Cech (1986) se estabilizó en algún sentido, pero se fue desestabilizando en otro sentido generando nuevos resultados respecto a los objetos de investigación que incorpora –en este caso, ribozimas-.

Considérese una molécula de RNA *in vivo* que catalice el proceso de polimerización utilizando cualquier molécula de RNA como molde, como la secuencia analizada *in vitro* por Zaug y Cech (Alberts, *et al*, 1994). Esta molécula catalítica puede actuar sobre copias de sí misma, auto-replicándose con elevada velocidad y eficiencia. Al mismo tiempo, puede promover la replicación de otras moléculas de RNA vecinas. Algunas de estas moléculas pueden desarrollar acciones catalíticas que ayuden o dificulten la sobrevivencia o replicación del RNA en otras vías. Si esto es posible, diferentes tipos de moléculas de RNA, especializadas en diferentes actividades, podrían desarrollar un sistema cooperativo que replique con una eficiencia extraordinaria, ¿acaso un sistema vivo primitivo auto-replicante? (Zaug y Cech, 1986; Alberts, *et al*, 1994).

En el artículo de 1986 publicado por Cech, éste declara: "... Si una enzima de RNA pudiera usar otra copia de sí misma como molde, la auto-replicación del RNA podría ser lograda. Así, parece posible que *catalizadores de RNA* pudieron haber sido parte de un proceso de replicación de ácidos nucleicos prebióticos, antes de la disponibilidad de proteínas..." (Cech, 1986, p. 4360, énfasis mío).

El conocimiento de las actividades catalíticas del RNA llevó no sólo a reconocer la versatilidad subestimada hasta entonces de la molécula de RNA⁵⁴, sino que llevó también a sugerir la posibilidad de "un mundo de RNA" (Lazcano 1994a, 1994b), un *estadio* de evolución temprana basado en *moléculas de RNA que pudieran catalizar la síntesis de sí mismas*, antes del surgimiento de la biosíntesis proteica y del mundo del DNA.

El mundo del RNA será objeto de análisis de la siguiente sección. Sin embargo, trazas de este mundo, sugerido formalmente en 1986 por Gilbert y Alberts, las

⁵⁴ Existe una creciente lista de actividades catalíticas del RNA que incluyen propiedades como RNA-endonucleasas, ligasas, cinasas, nucleotidil-transferasas, acil-transferasas, peptidil-transferasas, fosfotransferasas, aminoacil-esterasas y fosfatas. Actividades adicionales incluyen reacciones de elongación del RNA sin moldes mediadas por ribozimas, reacciones de transesterificación, N-alkilación, separación de grupos amidas, aminoacilación. Algunas de las evidencias, *in vitro*, que soportan la posibilidad de un sistema de síntesis de proteínas más simple que el actual y basado en RNA, incluyen, entre otras, las observaciones siguientes: el inicio de la traducción puede tomar lugar en ausencia de algunos componentes de iniciación bajo ciertas condiciones de laboratorio, sólo en presencia del componente rRNA; los sistemas con concentraciones de cationes modificadas, carentes de factores de elongación, logran una unión aminoacil-tRNA libre de factores de iniciación y no enzimática, y una transpeptidación catalizada por los ribosomas, así como reacciones de translocación en una lenta pero confiable elongación (Lazcano, Fox y Oró, 1992). Además, la síntesis de proteínas requiere siempre de RNA y no de DNA, y en general, las moléculas de RNA son componentes estructurales conspicuos de todas las células actuales, donde juegan papeles claves en la síntesis proteica, en la replicación del DNA, y en la maduración del RNA (Alberts, 1994).

encuentro claramente en Cech (1986), un trabajo posterior al publicado en coautoría con Zaug en este mismo año, y una referencia obligada por razones que más adelante expondré.

Cech (1986) plantea un modelo prebiótico para la replicación del RNA catalizada por RNA. La autorreplicación se logra cuando una enzima de RNA usa como molde otra copia de sí misma. Sin intentar "...presentar un recuento histórico de los eventos que ocurrieron en la evolución temprana..." Cech establece "...el principio de que una RNA polimerasa, hecha de RNA, pudo haber jugado un papel clave en la replicación de ácidos nucleicos prebióticos independiente de la disponibilidad de proteínas..." (Cech, 1986, p. 4360).

El esquema general del ciclo que propone Cech para autorreplicación catalizada por RNA (figura 2) comienza con una doble cadena de RNA. "...Este RNA de doble cadena sufre separación -desnaturalización térmica por efecto del calor solar, por ejemplo-. Una de las cadenas (la +) se pliega entonces formando la ribozima. La cadena complementaria sirve como molde. Los oligonucleótidos que sirven como *primers* y como fuente de unidades monoméricas han sido sintetizados previamente - mediante la polimerización no-enzimática descrita por Orgel y Inoue (1983), por ejemplo-... El resultado final puede ser la re-formación de la doble cadena de RNA... En una ronda subsiguiente de replicación, una de las cadenas catalizadoras puede servir como molde para la producción de otra cadena (-). Así, *la misma ribozima puede servir como un catalizador funcional y como una entidad informacional...*" (Cech, 1986, p. 4362, énfasis mío).

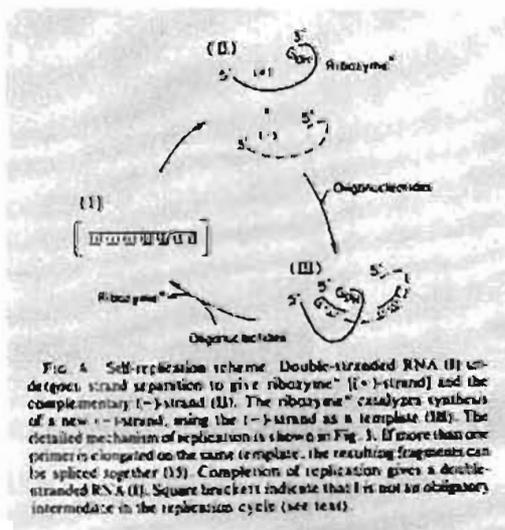


Figura 2. Esquema de autorreplicación del RNA catalizado por RNA. Imagen tomada de: Cech, 1986, p. 4362.

Este esquema de replicación le permite a Cech dar un paso que se vuelve fundamental en la historia de los objetos epistémicos que ahora construyo. "...Considerando las implicaciones para el origen de la vida de la polimerización de RNA

catalizada por RNA, es importante notar que una ribozima no estaría restringida a

usarse ella misma y a su complemento como molde. Otras moléculas de RNA en el ambiente se verían también replicadas. Algunas de éstas podrían tener actividades enzimáticas útiles... enlazando aminoácidos... sirviendo como primitivos t-RNA's... facilitando el enlace de tRNA's a sitios adyacentes de un molde de RNA y catalizando la formación de enlaces peptídicos... Conforme las proteínas estuvieron disponibles, algunas de ellas pudieron interactuar con catalizadores de RNA, mejorando o modulando su propia actividad. Las ribozimas comenzarían a trabajar como partículas ribonucleoproteicas... El principal punto de este manuscrito es que *es ahora razonable considerar la replicación prebiótica de ácidos nucleicos en un sistema basado por completo en RNA, antes del advenimiento de cualquier maquinaria de traducción u otra fuente de proteínas...*" (Cech, 1986, p. 4362-63, énfasis mío).

Estas afirmaciones me parece que convierten al texto de Cech en lo que para Derrida es un "exceso". Cech (1986) "excede en alguna parte" el sentido de su sistema experimental creado junto con Zaug (1986) –que era ya una totalidad interpretativa alrededor del objeto "ribozima *Tetrahymena*"-. Su texto de 1986 es el signo de ese exceso que inscribe una marca (*traza*) diferencial que ya no remite a alguna forma de presencia sino que abre la posibilidad de un sistema experimental totalmente otro, totalmente distinto⁵⁵. Esta "simple" adición tuvo el potencial para dirigir un movimiento diferencial que cambia la identidad de sus componentes.

En el texto de Cech (1986), sentidos diferentes de distintos sistemas experimentales, el de Miller y Urey por una parte, y el de Zaug y Cech por la otra, se enfrentaron a la posibilidad de hibridizar en el presente recuperando su memoria pasada y anticipando sus identidades futuras. Rheinberger utiliza el concepto de *grafting*⁵⁶ (injerto, en la estructura textual de Derrida), para dar cuenta de este proceso. La noción de injerto en los procesos de hibridización corresponde al exceso o "intrusión", como la llama Rheinberger, que lleva a las fronteras o límites a existir conforme se las va transgrediendo. El "injerto" es lo que mantiene "vivo" a los sistemas experimentales; es lo que los hace productores de diferencias y desplazadores de sus límites "originales".

⁵⁵ Dentro de la filosofía derrideana, el signo que excede no sólo disloca, desplaza o "destruye", sino que *abre el pasaje hacia otra escritura*.

⁵⁶ Rheinberger hace notar la coincidencia etimológica de las palabras en Inglés *graft* y *graph*, ambos del griego *graphion*: instrumento de escritura, estilo, y ambos importantes en los planteamientos de Derrida.

El sistema de Zaug y Cech limitado al estudio de las diversas actividades enzimáticas de la ribozima *Tetrahymena*, y articulado con las trazas de Orgel (1968) y Crick (1968), ahora desplazaba sus límites hacia la historia prebiótica de la química terrestre. Cech se "excede" al llevar su sistema de autorreplicación del RNA catalizada por RNA al interior de los matraces prebióticos de Miller y Urey, transgrediendo las fronteras "originales" de las figuras 1 y 2.

La originalidad se ve, entonces, cuestionada al pensar en los sistemas experimentales como sistemas siempre recombinantes, con esa capacidad de hibridizar dando lugar a nuevas cosas. Lo nuevo se vuelve algo ya presente, aunque oculto, que *se muestra conforme se va desplegando* la actividad de investigación, cambiando los límites de los sistemas experimentales, porque en ellos se contienen remanentes de viejas narrativas así como fragmentos de historias aún no contadas (Rheinberger, 1999, p. 425).

Esto hace imposible pensar en "líneas puras" y hace, a su vez, que el movimiento historial de la *différance* sea siempre impuro, como trataré de explicar en la siguiente sección.

Si las ribozimas de Cech pudieran encontrarse en la Tierra primitiva materializada por Miller y Urey, un mundo de RNA bien puede haber tenido lugar en el pasado, antes de un mundo de proteínas y de DNA.

Capítulo 3

El mundo del RNA como un espacio de representación

3.1. El mundo (híbrido) del RNA: más allá de la suma Tierra primitiva + ribozimas

En los organismos actuales, la síntesis biológica y la actividad de los ácidos nucleicos y las proteínas son totalmente interdependientes. En las células actuales el DNA es replicado y es transcrito a RNA, el cual se traduce a proteínas. La síntesis, replicación, transcripción y traducción de ácidos nucleicos es lograda *gracias a la actividad catalítica de las enzimas (proteicas)*. Dentro del contexto del origen de la vida, las proteínas y los ácidos nucleicos son tan complejos, que resulta difícil imaginar su síntesis simultánea prebiótica en la Tierra primitiva. En el sistema experimental de Miller-Urey se logran producir aminoácidos, azúcares, bases nitrogenadas, pero de ahí a obtener proteínas y ácidos nucleicos hay una gran distancia.

Sin embargo, resulta inevitable preguntarse cómo se pudieron producir ácidos nucleicos sin proteínas (enzimas) y viceversa. El problema de “la gallina o el huevo” constituye una de las cuestiones a las que se enfrenta la investigación sobre el origen de la vida (Shapiro, 1987; Fry, 2000).

Cuando desde el terreno “independiente” de la bioquímica Cech encuentra actividad enzimática en el RNA, se abre una opción para resolver la controversia del huevo y la gallina en el terreno del origen de la vida⁵⁷, pues pudo haber existido en la Tierra primitiva un sistema primitivo de catálisis y polimerización *consistente exclusivamente de RNA*. Asumiendo que tal sistema basado en RNA (figura 2) pudiera haber ejecutado, así fuese incipiente o imperfectamente, todas las complicadas actividades llevadas a cabo actualmente por las proteínas y por los ácidos nucleicos, se solucionaría el problema del huevo y la gallina: en el pasado, el RNA pudo haber funcionado al mismo tiempo como acarreador de la información y como enzima, como huevo y como gallina (Orgel, 1994; Fry, 2000).

⁵⁷ La controversia entre lo que Kaminga (1988) ha llamado la tradición bioquímica (que defendía la preeminencia de las proteínas sobre los ácidos nucleicos en la definición de lo que es vivo) y la tradición genética (que defendía la preeminencia de los genes sobre las proteínas en aquello que identificamos como vivo).

Este "exceso" en torno al RNA propuesto en el trabajo de Cech (1986) encuentra sus propias trazas en los artículos publicados en 1968 por Crick y Orgel, a quienes se les ha atribuido el "origen" de la idea del mundo del RNA (Hughes, Robertson, Ellington y Levy, 2004, p.629).

En 1968, Crick y Orgel indagaban en torno al origen del código genético. Ambos creían que en el entendimiento de los procesos de evolución del código genético radicaba una importante clave para comprender el origen de la compleja relación que se estableció históricamente entre los ácidos nucleicos y las proteínas.

El RNA se consideraba, ya desde entonces, una molécula ubicua en los procesos genéticos y su importancia se veía reflejada a través del estudio intenso de los RNA de transferencia (tRNA), los RNA ribosomales (rRNA) y los RNA mensajeros (mRNA), todas moléculas centrales, de acuerdo con Crick y Orgel (1968), para la comprensión de la relación ácido nucleico-proteína que se veía expresada en los procesos de biosíntesis proteica.

Crick, por su parte, reflexionó en torno a la cuestión de cómo pudo ser la maquinaria primitiva de biosíntesis y sugirió: "...No es imposible imaginar que la maquinaria primitiva no tuviera proteínas y consistiera enteramente de RNA... Nos enfrentamos, sin embargo, a la cuestión del origen de ese RNA... Probablemente la primera 'enzima' fue una molécula de RNA con propiedades de replicasa..." (Crick, 1968, p. 372). Este concepto propuesto por Crick, un RNA con propiedades de replicasa, no se materializó, sin embargo, hasta el trabajo experimental de Cech y Zaug (1986) a través del cual se comenzaron a concretar los límites a la definición de esa RNA-replicasa "posible" derivada del trabajo de Crick. Esa primera 'enzima' especulada significó algo distinto al imponerse materialmente sobre el segmento RNA L-19IVS sintetizado en el contexto experimental *in vitro* de rRNA de *Tetrahymena thermophila* (Zaug y Cech, 1986). Este contexto experimental fue marcando nuevos límites a la definición de "ribozima", límites materiales que estaban ausentes en la sugerencia de Crick (1968).

También en 1968, Orgel se concentraba en explorar los caminos alternativos para comprender la historia del sistema genético presente: a) la vida basada en proteínas sin ácidos nucleicos (una posibilidad que rechaza por razones de replicación) y b) la vida basada en ácidos nucleicos en ausencia de proteínas,

un camino que lo lleva a proponer la posibilidad de que "... exista replicación precisa en ausencia de enzimas..." (Orgel, 1968, p.385). Orgel continúa diciendo "...En el presente no hay evidencia de que los polinucleótidos tengan actividad catalítica. En los sistemas biológicos sabemos que las funciones catalíticas son ejecutadas por proteínas... Aún si los polinucleótidos fueran capaces de catalizar reacciones químicas y de usar esta capacidad en los estados tempranos de evolución de la vida, dicha función habría sido retomada, subsecuentemente, por las más versátiles proteínas. Sin embargo, la cuestión de la actividad catalítica de polinucleótidos permanece abierta... ¿Las cadenas de polinucleótidos podrían actuar como enzimas primitivas? Dudo que ellas solas puedan exhibir actividad catalítica, aunque uno no puede estar completamente seguro... En nuestro laboratorio esperamos aproximarnos experimentalmente a tales cuestiones en el futuro..." (Orgel, 1968, p. 387-388). Esta sugerencia, menos específica que la de Crick (1968), se resignifica también con el trabajo experimental de Zaug y Cech (1986): si algún polinucleótido tiene actividad catalítica éste será el RNA, y esto es un límite marcado por Cech a la definición de ese "mundo sin proteínas" sugerido por Orgel en 1968.

Estos nuevos significados que la experimentación le dio a las especulaciones de Crick (1968) y Orgel (1968) permitieron que "el mundo del RNA" fuera formalmente sugerido, en 1986, por Walter Gilbert, quien se basó en los trabajos bioquímicos de Zaug y Cech (1986), entre otros.

Gilbert propuso el escenario siguiente: "...el primer estado de evolución procedió por moléculas de RNA ejecutando las actividades catalíticas necesarias para reunirse a partir de una sopa de nucleótidos; las moléculas de RNA evolucionaron en patrones auto-replicantes, usando la recombinación y la mutación para explorar nuevas funciones y adaptarse a nuevos nichos; usando cofactores éstas desarrollaron un amplio espectro de actividades catalíticas; en el siguiente estado, las moléculas de RNA comenzaron a sintetizar proteínas, primero desarrollando moléculas de RNA que pudieran enlazar aminoácidos activados, y luego arreglarlos de acuerdo a un molde de RNA usando otras moléculas de RNA tales como las del núcleo de los ribosomas. Este proceso haría las primeras proteínas, las cuales pudieron simplemente ser mejores enzimas que sus contrapartes en RNA; no llevaban a cabo reacciones de naturaleza diferente a las moléculas de RNA, pero eran capaces de ejecutar las mismas reacciones más rápido y efectivamente, pudiendo eventualmente dominar sobre los RNAs. Finalmente el DNA, el portador de la información copiada de moléculas genéticas de RNA, apareció en escena por transcripción reversa; luego que la doble cadena evolucionó, existió una forma estable de almacenar la información genética, capaz de corregir sus errores pero todavía capaz de mutar y recombinarse. El RNA fue entonces relegado al papel intermedio que actualmente tiene, desplazado por el más estable DNA y las más efectivas enzimas proteicas..." (Gilbert, 1986, p. 618).

En las explicaciones de la hipótesis de transición del mundo del RNA al mundo del DNA que hoy conocemos, la selección natural juega el papel más importante (Lazcano, 1994a)⁵⁸. Aunque al RNA se le conocen otras funciones bioquímicas que apoyan la idea de postular un mundo prebiótico basado en el RNA, existen muchas dificultades sin resolver que plantean y replantean preguntas y respuestas alrededor de este supuesto mundo⁵⁹, si es que se le concibe como un estadio evolutivo precedente. Más adelante trataré de argumentar cómo es que estas dificultades permiten reinterpretar a este supuesto mundo del pasado como un espacio novedoso de representación en el estudio del origen de la vida, esto es, un laberinto de nuevas posibilidades cuyas paredes se están continuamente erigiendo.

En esta sección, por lo pronto, me concentraré en analizar la noción de interacción entre sistemas experimentales, base de la historialidad.

La *integración* del objeto científico “ribozimas” como un objeto técnico –una nueva entidad epistémica estabilizada, materializada– dentro del sistema de

⁵⁸ Es generalmente aceptado que los genomas de DNA fueron seleccionados naturalmente sobre los de RNA porque los últimos son polímeros frágiles y reactivos, que sufren muchos cambios químicos, incluyendo su hidrólisis casi completa (Lazcano, 1994b). Como depositario de la información genética, el DNA es más estable que el RNA (Alberts, *et al*, 1994). La mayor estabilidad química del DNA, por una parte, es debida a que le falta un grupo hidroxilo en el azúcar, lo cual hace que sea menos susceptible que el RNA a la hidrólisis. Por otra parte, a diferencia del RNA, el DNA existe principalmente en forma de doble cadena, compuesta por pares de nucleótidos complementarios. Esta estructura de doble hebra no sólo hace relativamente sencilla la replicación del DNA, sino que también permite que actúe un mecanismo de reparación que utiliza la hebra intacta como patrón para la corrección o reparación de la hebra asociada lesionada. Las bases nucleotídicas son menos propensas a cambios hidrolíticos en moléculas de doble cadena de ácidos nucleicos. Las tasas de las reacciones de desaminación, despurinación y despirimidinación son de uno a dos órdenes de magnitud más altas en cadenas sencillas de DNA que en sus contrapartes dobles (Lazcano, Fox y Oró, 1992). La degradación fotoquímica de la información genética es menos frecuente en las cadenas dobles de ácidos nucleicos. El surgimiento de la doble cadena habría estabilizado el sistema RNA irreparable, llevando a la selección de mecanismos para corregir el daño causado por luz UV. La aparición del DNA llevó a formas de almacenar información genética más estables que en los hasta ahora altamente mutantes RNAs con limitadas capacidades codificantes. Como los genomas de DNA además de ser reparables, por su estructura de doble cadena, son todavía capaces de mutar y de recombinarse, su presencia abrió la posibilidad de incrementar el tamaño genómico por duplicación génica (Lazcano, 1994b).

⁵⁹ El optimismo inicial que rodeó la posibilidad de un mundo de RNA ha sido desafiado por las evidencias que *no apoyan la formación abiótica de las moléculas de RNA* (Lazcano, 1994a; Orgel, 1998). Los tres componentes del RNA (ribosa, fosfatos, bases púricas y pirimidicas), si es que se pueden sintetizar abióticamente, debieron además, haberse ensamblado para dar nucleótidos que pudieran enlazarse covalentemente para formar una molécula capaz de auto-replicarse (Deamer y Fleischaker, 1994). El problema aquí no es tanto su debatible disponibilidad, sino la dificultad de ensamblarlos sin ayuda de catálisis biológica (Joyce, 1991). Adicionalmente, cuando se piensa en el ciclo de información biológica en las células actuales [DNA→RNA→Proteínas], resulta conceptualmente difícil imaginar un sentido que no se ve hoy en los seres vivos [RNA→Proteínas→DNA] (Alberts *et al*, 1994). A pesar de la versatilidad *in vitro* de las moléculas del RNA, un sistema vivo está limitado por membranas dinámicas e intercambia materia y energía con su ambiente. El mundo del RNA no explica esa transición (Lazcano, 1994b). Alrededor de la hipótesis del mundo del RNA además, se tendrían que explicar la transición hacia las primeras células y hacia las proteínas y el DNA (Lazcano, Fox y Oró, 1992). Estas dificultades, no obstante, moldean los límites de este espacio de representación: *generan nuevas preguntas, nuevas respuestas, nuevos grafemas.*

matraces Miller-Urey simulando la "Tierra primitiva" (el cruce de las figuras 1 y 2 del capítulo anterior), cambió el carácter de todo el sistema prebiótico de Miller y a su vez, cambió el carácter del sistema ribozimático de Cech, dando lugar a nuevos significados en torno a sus objetos epistémicos centrales –las ribozimas y la Tierra primitiva mismas-. Se conectaron, de este modo, fenómenos que inicialmente parecían estar completamente separados. *Ahora las ribozimas podían haber aparecido en las condiciones de la Tierra primitiva.* Los sistemas experimentales, en este punto, exhiben lo que Rheinberger llama tendencia integrativa (Rheinberger, 1997, p. 135) la cual los hace operar en el límite de su rompimiento, creando interfases entre distintos arreglos experimentales que le dan muchos sentidos, cada vez distintos, a un campo de investigación.

"...La constelación de sistemas de diferentes edades constituye un campo de lo posible..." (Rheinberger, 1999, p. 419). Entre el sistema experimental de Cech (1986) y el de Miller (1953) se creó un enlace del que emergió, parcialmente, el mundo del RNA; un mundo híbrido entre lo teórico y lo práctico, entre lo estable y lo inestable, entre lo técnico y lo epistémico –incluso *gráficamente*, entre la figura 1 y la 2- (Rheinberger, 1998). La coexistencia de sistemas con sus tiempos propios escapa a la noción de un tiempo unificante formando un híbrido de forma reticular.

De acuerdo con Rheinberger (1997a), las articulaciones entre sistemas distintos son el resultado de eventos novedosos que pueden llevar a arreglos más amplios y a recombinaciones de espacios representacionales dados inicialmente en un sistema experimental. Un evento sin precedentes –como el encuentro de Cech con las ribozimas en *Tetrahymena*, por ejemplo-, pudo llevar a los experimentadores a cambiar la dirección de sus actividades de investigación, –insertarlas *desde* el contexto bioquímico *en el* contexto del origen de la vida en el pasado, por ejemplo-.

La Tierra primitiva, como entidad epistémica, ahora tenía que redefinir sus límites en función de las ribozimas: sus nuevos límites debían posibilitar dentro de sí misma la síntesis abiótica de éstas. Mientras que las ribozimas, a su vez, insertadas ya en la perspectiva evolutiva de los orígenes de lo vivo, también

debieron redefinir sus límites en función de sus actividades primitivas posibles como acarreadoras de Información y como catalizadoras de polimerizaciones prebióticas. Esta integración de objetos epistémicos (Tierra primitiva, ribozimas) implicó analizar experimentalmente la disponibilidad prebiótica de moléculas de RNA y, al mismo tiempo, su posible versatilidad catalítica e informacional bajo tales condiciones prebióticas. Un ejemplo de este tipo de confección mutua entre ambos objetos epistémicos en interacción puede ilustrarse si pensamos en las consecuencias de las altas cantidades de urea que se producen casi siempre en simulaciones prebióticas estilo Miller-Urey. Del mismo modo que sucede con enzimas proteicas, las ribozimas pierden su estructura tridimensional, disminuyendo sus propiedades catalíticas, en presencia de urea (Lazcano, Fox y Oró, 1992). Estos límites -presencia de urea, por ejemplo- que van marcándose entre una y otra de las entidades epistémicas en interacción, van delineando, simultáneamente las fronteras y potencialidades técnicas del mundo híbrido del RNA. Este mundo requiere de una Tierra primitiva "libre de urea" y de ribozimas "activas" dentro de ella.

En un ambiente primitivo Miller-Urey, es muy difícil explicar además la síntesis de ribosa, uno de los componentes del RNA. Se piensa que la ribosa se produjo mediante la reacción de la formosa -autocondensación del formaldehído en condiciones ligeramente básicas-, sin embargo, en esta reacción la ribosa es apenas un compuesto menor y relativamente inestable que se produce dentro de un amplio espectro de productos que incluyen 50 azúcares adicionales más (Lazcano, Fox y Oró, 1992).

Esto ha implicado la introducción de diferencias en el contexto experimental, que permitan la posibilidad de empalme o compatibilidad entre entidades epistémicas derivadas de linajes experimentales independientes en principio. Se ha simulado prebióticamente una variante de la reacción de la formosa, la aldomerización o fosforilación de glicolaldehído-fosfato en presencia de formaldehído. A partir de esta simulación se ha logrado producir una mezcla racémica de ribosa 2,4-difosfato, una fuente de ribosa que posibilita la síntesis abiótica de RNA, pero que añade a las condiciones necesarias de la Tierra primitiva la "necesaria presencia previa de formaldehído y de glicolaldehído-

fosfato" (Lazcano, Fox y Oró, 1992). A esta condición se le puede añadir la cuestión de la temperatura de la Tierra primitiva. La velocidad de degradación del RNA por hidrólisis aumenta en un factor de 3 cada vez que la temperatura aumenta 10°C. Si el agua de la Tierra primitiva de Miller estaba próxima a su punto de ebullición (Miller y Urey, 1959), resulta difícil suponer dentro de ella moléculas estables de RNA, es decir, ribozimas activas (García, González y Lazcano, 1994; Forterre, 1999). La Tierra primitiva entonces, debió "no ser tan caliente" para hacer posible un mundo del RNA con ribozimas acumuladas en el ambiente, ribozimas que a su vez, eran "termolábiles".

La constitución de un sistema experimental en origen de la vida se puede pensar, de esta manera, como una red de objetos y prácticas experimentales que se van enlazando en sistemas coherentes *más amplios* del pensar y del hacer. En ella los vínculos no son verticales, porque la dinámica no corresponde a un modelo teleológico, sino *historial*. La concatenación es *horizontal* cohesionando entidades epistémicas, discursos, subrutinas técnicas, conocimiento tácito -información acumulada-, disposiciones materiales, derivadas de linajes independientes, cada uno con tiempos internos propios, que en su encuentro *se obligan mutuamente a la compatibilidad entre sus entidades*. Los sistemas experimentales constituyen así, unidades funcionales de investigación científica, localizadas e integrales (Rheinberger, 1997a), de diferentes edades [Miller-1953 y Cech-1986] que al interactuar van constituyendo distintos campos de investigación. La multiplicidad de tiempos internos en un horizonte abierto crea la llamada historialidad, en donde "...la búsqueda por el conocimiento es un proceso sin fin y uno no puede nunca (pre)decir... hacia dónde va una línea de investigación..." (Rheinberger, 1999, p. 419).

La consideración de este proceso "...permite extender el análisis epistémico desde la microdinámica de ambientes experimentales situados hacia dinámicas mayores de culturas experimentales⁶⁰..." (Rheinberger, 1997a, p. 251).

⁶⁰ "*Patchwork*" de sistemas experimentales -*patches*-, unidos por interacciones conceptuales y materiales, es el término con el Rheinberger define a una cultura experimental (Rheinberger, 1997a).

Si los sistemas experimentales parecían reducir la "...complejidad óptica..." de la investigación a través de su fragmentación, "...esta misma complejidad..." es creada de nuevo, "...retenida epistémicamente en el rico contexto de un paisaje experimental en el cual nuevas conexiones y desconexiones suceden en cualquier momento, haciendo fluctuar los límites de un objeto científico y de un contexto experimental..." (Rheinberger, 1997a, p. 247).

Donde distintos objetos científicos se conectan –Tierra primitiva y ribozimas-, se generan interfases transitorias que dan lugar a nuevos objetos –como podría ser el mundo del RNA *en un momento determinado*-. Establecer un objeto científico nuevo significa que éste ha emergido por reproducción diferencial y que puede ser capaz de ser insertado, hibridizando, en el ciclo reproductivo de otro sistema experimental (como lo fueron a su vez, las ribozimas, por una parte, dentro de la Tierra primitiva, por la otra). Los objetos epistémicos son, por lo tanto, recursivamente constituidos e intrínsecamente *objetos históricos* (Rheinberger, 1997, p. 78).

Crear una historia de estos objetos conlleva seguir las trazas que hacen del "después" algo constitutivo del "antes". En este seguimiento de trazas, el mundo del RNA –el después- se encuentra constituido, en parte, por la Tierra primitiva y por las ribozimas –ambos el antes, y ambos objetos epistémicos resultado a su vez, de un 'después propio' del tiempo interno de despliegue de su sistema experimental-; Tierra primitiva y ribozimas son simultáneamente, algunas trazas del pasado constituyendo el presente del mundo del RNA.

Esta es la historia sin orígenes o historialidad. En ella lo nuevo –el después- no es lo nuevo, sino que se vuelve una novedad sólo al transformarse en una "traza" –en un antes- de algo a lo cual ha dado lugar, es decir, al transformarse en otra cosa diferente. La Tierra primitiva de Miller y Urey se reconoce como distinta del mundo del RNA sólo cuando se ha dado lugar al mundo del RNA. El mundo del RNA le exige a la Tierra primitiva ser distinta. Lo nuevo, entonces, se presenta como un producto accesible sólo a través de recurrir a él mismo cuando se habla de sus condiciones de producción y cuando no presupone la existencia de un pasado dado, separado del presente,

que puede, en principio, ser comprendido a través de contar su "historia real" (Rheinberger, 1999)⁶¹.

El pasado se vuelve la traza de algo que no habrá ocurrido hasta que desde el presente ese algo tenga lugar como resultado del juego experimental - entidades materiales, acciones- que se va desplegando a través de reproducciones diferenciales -series reproductivas- con un tiempo interno propio.

El concepto de deconstrucción derrideano aparece, entonces, como la posibilidad de construir. Lo que se construye es lo nuevo, pero no como resultado del pasado, sino de una *historialidad que va desmontando injertos y creando trazas (orígenes de los no-orígenes)* y que sólo tiene sentido en el presente (Rheinberger, 1999).

Rheinberger (1997, p.183-184) afirma que la historialidad es una creación híbrida que trabaja por transplatación e injertos. Un injerto mantiene vivo al sistema al cual ha sido transplataado. Las ribozimas se injertaron a la Tierra primitiva otorgando nuevas direcciones a la investigación prebiótica. Los sistemas experimentales, en este sentido, oscilan alrededor de objetos epistémicos que escapan a la fijación; escapan mediante el transplante e inserción de nuevos métodos, nuevas habilidades, nuevos conceptos.

En una historia de objetos epistémicos, la identidad de un objeto científico no es sólo la reafirmación de éste frente a otros, sino la conservación de éste como lo uno y lo mismo, marcando sus límites a través de las resistencias en la incorporación de lo otro que se presenta en la forma de las sorpresas generadas que hacen que lo que el objeto 'antes' era (por ejemplo, la Tierra

⁶¹ De acuerdo con Rheinberger (1999) el pensamiento historial implica una acción hermenéutica. En este sentido el significado histórico de algo, no se limita sólo a lo que originalmente fue (a lo cual no se puede acceder), porque ese algo tiene un significado hoy. Esta es la conciencia efectual gadameriana de toda producción cultural humana. Siguiendo a Gadamer (1977), de una obra humana no se puede conocer su significado original como objeto, sino sólo *interpretar su significado como efecto*. El propósito de recuperar un significado original y objetivo resulta una quimera, más allá de las posibilidades comprensivas de cualquier sujeto. Cada nueva interpretación de un pasado tiene efectos transformadores sobre nuestros prejuicios, y por ende, el contexto en el que se sitúa el intérprete, lo que Gadamer llama "el horizonte hermenéutico" (Velasco, 2000, p. 82), también resulta transformado. Cada nueva interpretación implica el cambio de la situación hermenéutica -la relación entre el intérprete y su horizonte presente en la forma de prejuicio-. Como parte de la concepción de "*historia efectual*" se encuentra así, la noción de que al realizarse una interpretación del pasado, condicionada por el horizonte presente, siempre se da origen a algo nuevo, a una nueva situación hermenéutica (la relación entre el intérprete y su contexto histórico) en el presente, desde la cual, a su vez, surge un nuevo proceso de interpretación del "mismo" pasado, que cada vez es más distinto, como el presente mismo.

primitiva como objeto epistémico de Miller en 1953) ya no sea eso sino una marca en el 'presente' (un dispositivo técnico de la química prebiótica que permite realizar ensayos sobre síntesis de ribozimas en 1986) y que se puede volver una novedad por lo que aún no es (una marca del mundo del RNA creado hasta 1986) siempre abierto a la posibilidad. Es en la separación, en la diferencia, que un objeto gana identidad; cuando éste se separa de otro en un camino laberíntico no predeterminado para ello⁶². Los objetos científicos están en proceso de definición y redefinición, y por eso constantemente cambian sus límites (la Tierra primitiva ahora es lo que otros sistemas experimentales en su encuentro -como el de las ribozimas- le permiten ser, por ejemplo, una Tierra "no tan caliente" y "sin urea" que permita la presencia de ribozimas "activas" y "termolábiles" capaces de llevar múltiples actividades enzimáticas primitivas). Los sistemas experimentales constantemente redefinen así, sus límites, remueven y reorientan los elementos dados, los (re)ordenan en concatenaciones de las que emergen nuevas posibilidades de representación de un algo en constante definición. El pasado terrestre en el que se pudo originar la vida, ahora es más que la Tierra primitiva de Miller; las ribozimas son más que el segmento intrónico de Cech; y ambos son trazos que componen el mundo del RNA, objetos todos en constante definición.

Lo que el mundo del RNA, *en un momento dado*, "representa" -en el sentido de cómo es producido- es una articulación de trazas o grafemas producidos en el proceso de investigación, un punto que trataré en la siguiente sección. En este sentido, se puede decir que los científicos crean múltiples espacios de representación a través de series grafemáticas que van constituyendo,

⁶² Entre las estrategias más utilizadas por los deconstructivistas, se cuenta el detectar las oposiciones dualistas típicas del pensamiento occidental, como hablar/escribir, masculino/femenino, verdad/ficción; literal/metafórico, significado/significante, realidad/apariencia, estabilidad/desestabilidad. Según los deconstructivistas, al término de la izquierda se le ha conferido arbitrariamente un rango de superioridad sobre el de la derecha, que se considera como una ausencia, complicación, negación, manifestación o descripción del primero. La deconstrucción invierte las prioridades y trata de mostrar que *el segundo término es la condición de posibilidad del primero*, lo cual lleva a resultados, como por ejemplo, hablar es una forma de escritura, entender es una forma de ignorar, lo que creemos lenguaje significativo es sólo un libre juego de significantes sobre un proceso interminable de textos engarzados a otros textos (Lenoir, 1998). A cualquier palabra que se busque en el diccionario se le puede aplicar *différance*. Esto es, definimos una palabra a través de lo que *no es* (como difiere, es diferente de otras palabras) que ayuda a delimitar las posibilidades del significado. Sólo podemos definir "blanco" a través de lo que no es, pero según los deconstructivistas, la identidad de «blanco» depende totalmente de «negro». No podemos definir «blanco» sin «negro». La diferencia entre «blanco» y «negro» existe antes que la identidad de «blanco», entonces, *es la diferencia el principio primero, no la identidad* (Bolívar, 1990).

simultáneamente, las “*huellas epistémicas*” de la historia de dichos espacios⁶³. La naturaleza de estas entidades gráficas y materiales –las ribozimas de Cech y la simulación terrestre de Miller como *trazas*- contiene la posibilidad del exceso, tal como se describió en la sección final del capítulo anterior; en el exceso (ejemplificado con el texto de Cech de 1986) se contienen más posibilidades que aquellas actualmente realizadas⁶⁴. Este exceso incorpora así, *el movimiento historial de la traza* (Rheinberger, 1999). Este movimiento, como expliqué, transgredió los límites dentro de los cuales un juego experimental parecía estar confinado, marcó el paso de la bioquímica de la autorreplicación del RNA catalizada por RNA hacia la química prebiótica del origen de la vida basado en RNA. Como un exceso, el texto de Cech, definió aquello de lo que escapó; definió el mundo del RNA, al escapar de los límites bioquímicos de su sistema ribozimático de *Tetrahymena*, y al incorporar al mismo tiempo, un juego de nuevas diferencias en el sistema prebiótico de Miller. Este injerto, como una clase especial de exceso, recombina sistemas experimentales produciendo una historia –la del mundo del RNA- a partir de otras historias –la de las ribozimas y la de la Tierra primitiva-. La historia del mundo del RNA se hace posible, pues, a partir de las historias de sus sistemas experimentales “detrás”. “...El movimiento historial de la *différance* es siempre impuro, es una creación híbrida que trabaja por transplatación...” (Rheinberger, 1999, p. 421).

Ahora las ribozimas y la Tierra primitiva pueden exhibir significados dentro del espacio de representación creado por el mundo del RNA, en el cual los grafemas, o trazos materiales, -Tierra primitiva y ribozimas- se producen, articulan, desconectan, reemplazan, desplazan, y reivindican. En el mundo del RNA pensado así, se cuestiona al mundo del RNA mismo, pero ya no a la Tierra primitiva de Miller, ni tampoco a las ribozimas de Cech, pues han sido

⁶³ En este sentido, Rheinberger dice describir una historia de la ciencia como una historia de trazos (huellas) y de cosas –entidades epistémicas-, recurriendo a las nociones derrideanas de historialidad –carga intrínseca espaciotemporal- y *différance* –peculiar poder de desplazamiento de los sistemas experimentales, su reproducción diferencial- que ya he descrito (Rheinberger, 1997, p. 4).

⁶⁴ Por eso planteo que los fenómenos son objetos epistémicos en tanto que no se pueden mostrar todos ellos, en cuanto lo que son, sino que ocultan siempre algo para mostrarse en sí mismos (Heidegger, 1997). Rheinberger parece reconocer este rasgo cuando afirma que lo nuevo es algo presente aunque oculto que sólo se despliega diferencialmente a través del tiempo (Rheinberger, 1999, p. 425).

incorporadas como objetos estables producidos por otros sistemas experimentales.

En este punto, se hace necesario diferenciar entre mundo del RNA como objeto epistémico y mundo del RNA como espacio de representación.

3.2. Espacios grafemáticos

En un sistema experimental un objeto científico se articula y exhibe dentro de un espacio de representación (Rheinberger, 1998, p. 295).

Hablar de representación en sentido clásico implica la existencia de un referente empírico. No obstante, si nosotros concebimos a un objeto científico a través de un sistema experimental, entonces este modo clásico de hablar del representar se vuelve difuso. Representaciones y objetos están inextricablemente conectados, puesto que “...los objetos pueden ser sólo conocidos a través de la representación...” (Rheinberger, 1997, p. 104, énfasis mío). De acuerdo con Rheinberger, hablar de representación implica hablar de un objeto representado por otro, el cual a su vez, no es más que un juego de trazas. Las representaciones, nos dice, son “...en primer lugar, objetos epistémicos... trazas... sobre los cuales es posible actuar [por ende]... espacios materiales de significación...” (Rheinberger, 1997, p. 36, énfasis y paréntesis mío). Producir un objeto epistémico implica, entonces, producir muchas trazas, donde el lugar del “referente” está siempre ocupado por “otra traza”.

De esta manera representar se vuelve un “juego de trazas”. Un objeto científico se articula a partir de *múltiples trazas materiales o grafemas*. Los grafemas son unidades materiales, inscripciones o marcas que se van concatenando en el juego experimental hasta volverse las unidades de referencia. Son articulaciones materiales de unidades epistémicas significativas, esto es, objetos epistémicos.

La articulación de grafemas se da en un espacio, al cual llamaremos *grafémico o de representación*. De acuerdo con Rheinberger (1998, p.287), los sistemas experimentales son unidades dentro de las cuales los

significantes⁶⁵ de la ciencia se generan, y exhiben su dinámica a través de estos espacios de representación; dentro de estos espacios los grafemas o trazas materiales, se producen, articulan, desconectan y desplazan. Los grafemas como unidades significantes primarias, materiales, del juego experimental, son las unidades de referencia porque detrás de un grafema siempre encontraremos otro grafema.

Siguiendo a Rheinberger los científicos crean, entonces, *espacios de representación* a través de *concatenaciones grafemáticas* que representan a los objetos epistémicos como una clase de escritura⁶⁶ (Rheinberger, 1998). La historialidad que va desmontando injertos y creando trazas (orígenes de los no-orígenes) es la que hace que los objetos epistémicos puedan ser vistos en *un momento dado* como esta *articulación de grafemas trazados a lo largo del proceso de investigación* –durante el despliegue de sistemas experimentales-. La historia de objetos epistémicos de Rheinberger es, entonces, la historia de las huellas epistémicas o grafemas que van constituyendo a los objetos de investigación, en tanto objetos históricos (deconstruibles).

En el capítulo 2 hemos visto que los sistemas experimentales –el de Miller y el de Cech- sufrieron diferencias y desplazamientos de sus propios límites (Rheinberger, 1997, p. 183), y que al mismo tiempo, enlazaron cadenas representacionales –ejemplificadas con las figuras 1 y 2, respectivamente, esto es, los matraces simulando la Tierra primitiva de Miller y las líneas simulando las ribozimas de Cech- las cuales llevaron el reino material de artefactos (matraces, soluciones, ribozimas), trazas (secuencias de RNA, esquemas de replicación, cromatografías) y acciones (síntesis abiótica de ribozimas,

⁶⁵ La definición de signo de Saussure, según Derrida (2003) resulta de la asociación de dos términos: significado (concepto, representación mental) y significante (palabra, traza). Si la relación entre estas dos caras del signo no es la misma en las distintas lenguas, y hay distintos significantes que le corresponden a un significado en otras tantas lenguas, entonces se constituye una relación arbitraria entre significado y significante. Para Derrida, mantener tal distinción supone una prioridad –anterioridad o trascendencia- del significado –único, fijo, último- sobre el significante, como si existiera un contenido ideal independiente del significante. En su lugar, Derrida propone que el significado es inseparable del significante, un movimiento que hace que no sea posible aislar uno del otro. Un signo es siempre un significante de otro significante. No hay un significado último "original" como presencia fija y absoluta, *sino un diferir temporal y espacial*.

⁶⁶ Lenoir (1998) plantea cómo Derrida, en su crítica al logocentrismo occidental en el que se privilegia al hablar sobre el escribir, invierte esta relación transformando al hablar en una forma de escritura, siendo la escritura la traza de una traza. Si el significado no existe independientemente del significante –la traza-, esto lleva a Derrida, como ya he señalado, a sugerir que lo significado puede entonces ser él mismo una traza del significante. El signo o la traza, puede así, deconstruirse. De la deconstrucción resulta que el significado es indistinguible de la traza, por ende, lo significado es, esencialmente un traza, un significante (Lenoir, 1998).

corrimiento de cromatogramas), a niveles sucesivos de abstracción e interrelación entre sí. Estas cadenas de grafemas sintetizadas en las figuras 1 y 2 enlazaron a los diferentes elementos culturales (situaciones experimentales, que en principio, eran independientes) alrededor de Cech y de Miller, y conformaron en su encuentro un cuerpo de conocimiento científico sobre un campo en particular.

En el proceso de investigación de las ribozimas y la Tierra primitiva, se articularon trazas (ver figura 3 y figura 4) con la ayuda de objetos técnicos, considerados éstos como incorporaciones suficientemente estables de conceptos. Estas articulaciones de trazas son, al mismo tiempo, los objetos epistémicos bajo Investigación, que al estabilizarse se van transformando en objetos técnicos generadores de nuevos objetos, y capaces de volverse las trazas de su misma identidad futura –identidad dada por el mundo del RNA, entidad epistémica posterior que convierte en trazas a las ribozimas y a la Tierra primitiva-.

Es decir, hablar del mundo del RNA conlleva a hablar de un *objeto epistémico* en constante definición, que ha sido el resultado estable y epistémicamente significativo de una situación experimental derivada del encuentro, entre otros, de las ribozimas de Cech con la Tierra primitiva de Miller. Pero hablar del mundo del RNA conlleva *también* a hablar de un *espacio de articulación de grafemas* –como son la Tierra primitiva representada por el juego de matraces de la figura 1, y la gráfica de la figura 2 representando un proceso de autorreplicación del RNA dirigido por RNA-; una articulación en donde los grafemas de las figuras 1 y 2 no son, sin embargo, los “únicos” grafemas que representan a los objetos epistémicos ahí sintetizados –ribozimas y Tierra primitiva-.

“Detrás” de estos objetos “*hay otros trazos*” –en la forma de cromatografías, de placas electroforéticas, de arreglos materiales, etc., ver figura 3 y figura 4- que hacen que lo significado sea “...tachado y la misma *referencia se vuelva un significante...*” (Rheinberger, 1999, p. 425, énfasis mío). Esto es lo que obliga a Rheinberger a hablar de representación en términos de articulación de muchas trazas; en términos de un juego de trazas.

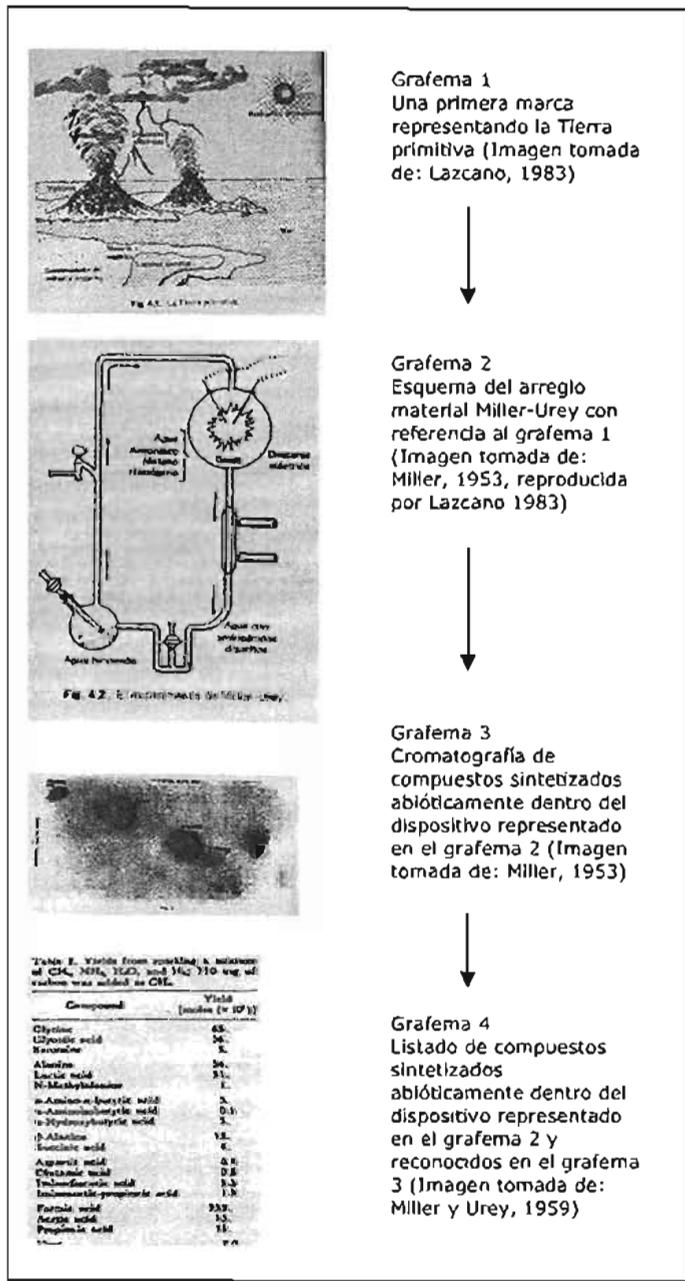


Figura 3. Esta figura intenta mostrar al juego de sólo algunas de las trazas que se articulan alrededor del objeto epistémico "Tierra primitiva".

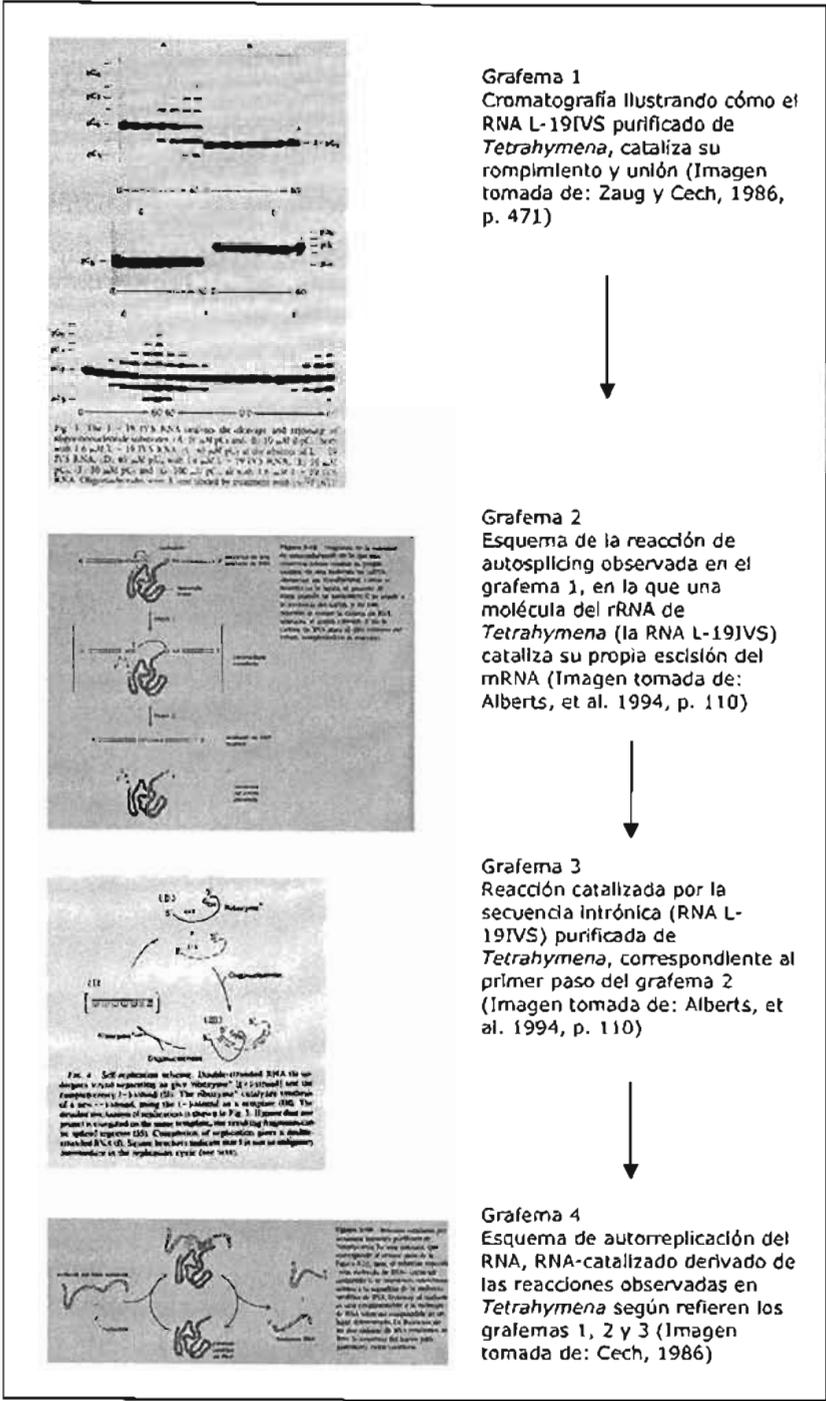


Figura 4. Esta figura intenta mostrar al juego de sólo algunas de las trazas que se articulan alrededor del objeto epistémico "ribozimas".

Cada nueva representación obtenida, por ejemplo, un cromatograma o una cierta disposición de los matraces representando características del ambiente primitivo, tiene una *función transitoria* de referencia de las siguientes nuevas representaciones.

Representar es entonces "... intervenir... inventar... crear eventos..." (Rheinberger, 1997, p. 108); esto es, *(re)articular grafemas*.

Una *traza es significativa* si tiene capacidad de reinsertarse en un contexto experimental y *producir más trazas* promoviendo nuevas articulaciones grafemáticas, como es el caso de la Tierra primitiva de Miller y de la ribozimas de Cech reinsertadas y combinadas en el contexto que da lugar al "mundo del RNA" (Rheinberger, 1997, p. 105-108; Rheinberger, 1998).

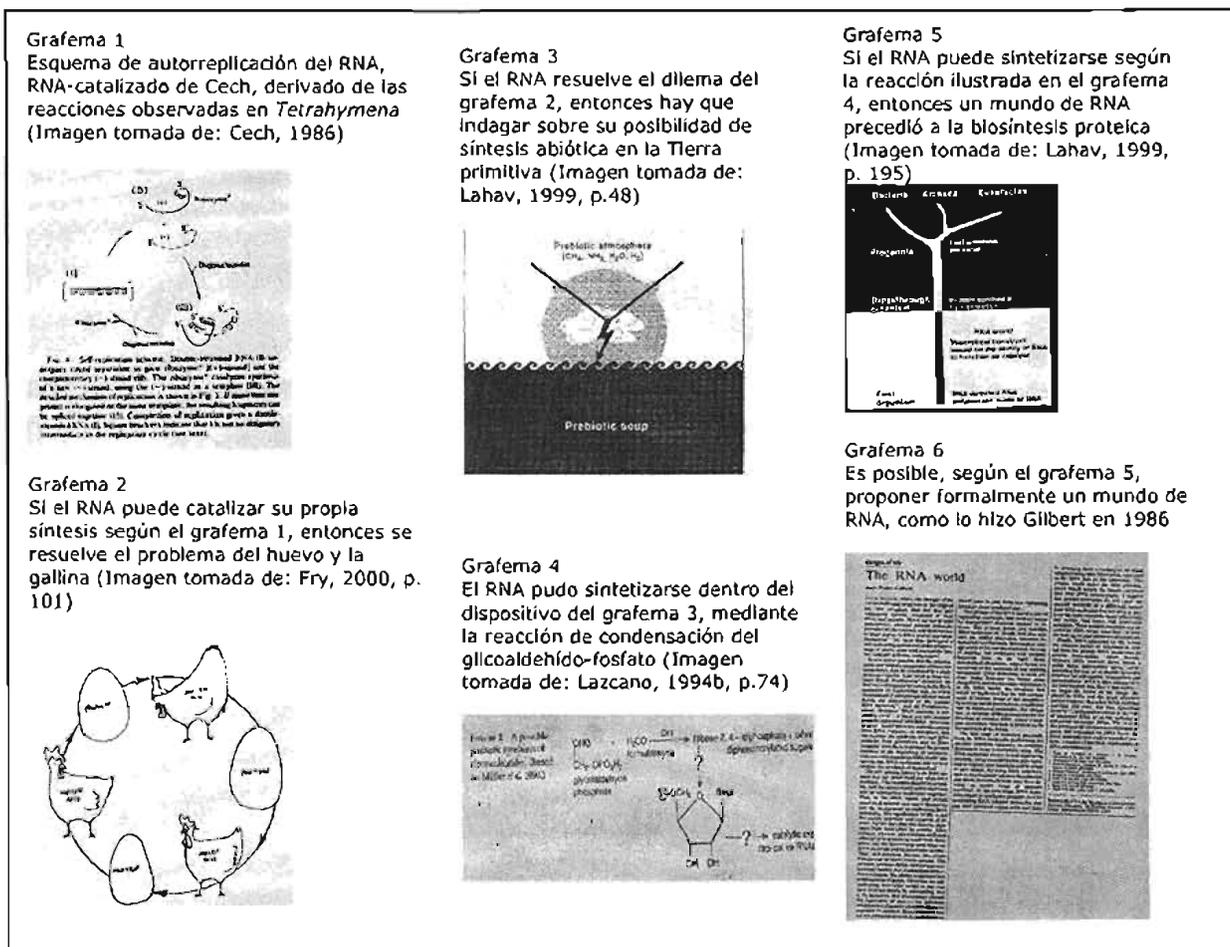


Figura 5. Esta figura intenta mostrar al juego de sólo algunas de las trazas que se articulan alrededor del objeto epistémico "mundo del RNA"; el mundo del RNA puede ser visto así, como un *espacio grafemático* en el que se articulan y desarticulan trazas o grafemas.

Pero los grafemas y los espacios de representación no existen independientemente, sino que se engendran mutuamente. Los científicos crean espacios de representación a través de la concatenación de grafemas (sintetizados como Tierra primitiva o ribozimas) que representan en su encuentro a otro objeto epistémico (el mundo del RNA). En este sentido el mundo del RNA puede ser entendido como objeto epistémico, pero al mismo tiempo, como espacio de representación o grafemático (figura 5).

En esta dirección es que Rheinberger apunta que las condiciones experimentales contienen a los objetos científicos determinando el reino de las representaciones posibles de un objeto epistémico. Los sistemas experimentales delimitan el mundo de lo posible porque dentro de ellos se articulan, desconectan, colocan y desplazan *objetos epistémicos*, que no son más que *momentos dados de articulación de grafemas "detrás"*.

Las articulaciones de grafemas, o sistemas de significación, dentro de los límites de una situación experimental, constituyen los objetos de una ciencia (Rheinberger, 1997, p. 106).

Estas articulaciones grafemáticas derivan de eventos sin precedentes y pueden llevar a rearrreglos y recombinaciones de espacios representacionales dados independientemente en un sistema experimental determinado (las figuras 3 y 4 se rearticulan en la figura 5). El resultado es que los límites de lo posible, constantemente se construyen y reconstruyen dando lugar a nuevos objetos de conocimiento; es ésta la historialidad propia de los sistemas experimentales.

Un mundo de posibilidades está presente en un sistema experimental más allá del propio control del investigador; el espacio de lo posible no preexiste como fin predeterminado sino que va emergiendo cuando las trazas producidas en una situación experimental van transgrediendo los límites del juego dentro del cual fueron originalmente creadas, y se combinan y rearticulan en maneras no previstas.

En un espacio de representación se encuentran y desencuentran diferentes grafemas provenientes de otros espacios, cuya coincidencia (*matching*) les

otorga un cierto sentido de "realidad"⁶⁷. Los grafemas producidos se vuelven reales según se mueven a través de nuevos espacios de representación.

La realidad de los objetos epistémicos yace en su resistencia, en su capacidad de revelarse a sí mismos de maneras inesperadas e independientes en el futuro (Rheinberger, 1997, p.23)⁶⁸. Esto es lo que hace real a la Tierra primitiva o a las ribozimas, porque no tienen un referente empírico inmediato último (pues es una traza, un juego de trazas), sino sólo dentro de un espacio de representación distinto al que les dio origen. Los límites de un sistema experimental son, en este sentido, resistencias de los grafemas a ser ensamblados de ciertas maneras (Lenoir, 1998) (por ejemplo una Tierra primitiva caliente se resiste a ser compatible con la síntesis prebiótica de ribozimas).

En un espacio de representación se crean y recrean nuevos objetos epistémicos; porque finalmente, los objetos epistémicos son trazas, son articulaciones grafemáticas dadas en un tiempo y en un espacio en las que los grafemas representan ciertos aspectos de los objetos científicos que se pueden manipular en un laboratorio (Rheinberger, 1998).

La representación *no* es la condición de posibilidad para adquirir conocimiento de los objetos, sino que es la condición de posibilidad para que los objetos se vuelvan objetos epistémicos, unidades epistémicamente significativas.

Tal es el caso del mundo del RNA que se ha creado como un objeto generador de conocimiento, más que como una representación especular de una realidad con referente inmediato en el pasado terrestre. Es objeto generador de conocimiento pero, simultáneamente, es un espacio grafemático. Su referencia

⁶⁷ Una realidad entendida como concepto de segundo orden, puesto que sería un atributo de las representaciones ("...lo real es aquello de lo que es posible dar una reproducción equivalente... y esto tiene sentido en un contexto de replicación..." Rheinberger, 1997, p. 113; la correspondencia no se da entre la representación y la naturaleza sino entre diferentes trazas grafemáticas, Rheinberger, 1998). Destaca aquí el trabajo de Hacking en 1983.

⁶⁸ Rheinberger explica este tipo de realismo citando de M. Polanyi: "... Esta capacidad de una cosa de revelarse a sí misma de maneras inesperadas en el futuro, la atribuyo al hecho de que la cosa observada es un aspecto de la realidad, poseyendo un significado que no se agota por nuestra concepción de un aspecto singular de ella. Es real... porque tiene la independencia de manifestarse en maneras no pensadas en el futuro..." (Rheinberger, 1997a). Según Lenoir (1998, p. 6) se trata de un realismo pragmático basado en las representaciones de la naturaleza articuladas a través de la experimentación e intervención. Para Derrida, como para Rheinberger, la materialidad del significante no está en una realidad pre-dada, objetiva e independiente sino en un espacio de representación (Lenoir, 1998).

está dada⁶⁹, en principio, por la articulación de la Tierra primitiva y de las ribozimas, que tuvieron capacidad de *significar algo más en el futuro*⁷⁰.

El mundo del RNA, tenga o no un referente empírico inmediato (es decir, haya existido o no), *permite* pensar en la posibilidad de que los primeros sistemas vivos estuvieran basados en las propiedades catalíticas y replicativas del RNA, y carecían de DNA y de biosíntesis proteica. *Permite* analizar cómo fue que el desarrollo de la maquinaria de traducción comenzó dentro de los límites lipídicos de células primordiales, cuyo metabolismo y reproducción había sido mediado hasta entonces por ribozimas (Lazcano, 1994a, 1994b). *Deja* intervenir para comprender cómo fue que una vez que el genoma incrementó y el metabolismo se hizo más sofisticado, las células primordiales basadas en RNA dependieron menos de la química del ambiente primitivo y más de sus propias capacidades catalíticas (Joyce, 1991). Un mundo de RNA *deja también* contemplar y simular un océano primitivo conteniendo sólo moléculas de RNA que sirven para catalizar la síntesis de sí mismas (Gilbert, 1986), y luego sistemas donde el metabolismo primordial y la replicación temprana de los ácidos nucleicos debió haber estado basada en las interacciones mutuas de un juego de polirribonucleótidos catalíticos, sus derivados y otras moléculas de

⁶⁹ "...Significante del significante describe...el movimiento del lenguaje... ya que un origen cuya estructura se deletrea así -significante de un significante- se excede y borra a sí mismo en su producción. En él el significado funciona como un significante desde siempre... No hay significado que escape... al juego de referencias significantes que constituye el lenguaje..." (Derrida, 2003, p.12)

⁷⁰ Tanto en Rheinberger como en Heidegger *el tiempo* aparece como el horizonte de posibilidad para toda comprensión del ser en general; en el caso de Heidegger para la comprensión del ser-ahí o *Dasein*; en el caso de Rheinberger del ser de la investigación científica, esta última como un modo de ser del *Dasein*. Las ciencias resultarían entonces un modo de ser del hombre (del *Dasein*) que se pueden interpretar en función de su historicidad, y que se muestran en sí mismas desde sí mismas. El *Dasein* es de tal manera que *siendo* (de algún modo) comprende algo así como su ser, y aquello desde donde el *Dasein* se comprende, *es el tiempo*, que es el "horizonte de toda comprensión del ser" para Heidegger (1997, p. 41); un sistema experimental también se comprende sólo *siendo a través del tiempo*. El comprender para Heidegger tiene la estructura de proyecto, de *lanzarse hacia el frente como posibilidad*. Este carácter de proyecto como posibilidad hacia delante es un rasgo del ser de los sistemas experimentales en Rheinberger; *los sistemas experimentales son una posibilidad para el más propio poder-ser del ser de la investigación científica*. Un sistema experimental (como un modo de ser del *Dasein*, a través del cual éste se comprende) *es más de lo que de hecho es* [su facticidad es el poder-ser (Heidegger, 1997, p. 169)] y posee un tiempo interno que lo caracteriza estructuralmente, que le permite su despliegue diferencial (Rheinberger, 1999, p.419). Para Heidegger, toda investigación es una posibilidad de ser del *Dasein*. Un ejercicio de reinterpretación que abre al ser (de un algo) a sus posibilidades; en esta apertura a otros significados se produce el sentido. Este es el *poder-ser* como sentido del ser que está en la base del pensamiento de Heidegger en "*Ser y Tiempo*": "...En el comprender se da existencialmente ese modo de ser del *Dasein* que es el poder-ser. El *Dasein* es... un ser posible... Posibilidad significa lo que *todavía no* es real y lo que *jamás* es necesario..." (Heidegger, 1997, p.167, énfasis del autor). El *Dasein* -existencia como posibilidad de todas las posibilidades- es un ser *abierto* a cualquier posibilidad en el tiempo como su fundamento. De la existencia humana se muestra siempre una posibilidad y se esconden muchas. Este modo de ser del hombre, resuena también en el *modo de ser de los sistemas experimentales de Rheinberger*.

origen abiótico (Lazcano, Fox y Oró, 1992). Un mundo de RNA *abre* el espacio para investigar las posibles presiones de selección que llevaron a un genoma de DNA (entre ellas, suponer que el esqueleto fosfodiéster 2'-desoxiribo- es más estable que su ribo- equivalente; que las bases nucleotídicas son menos propensas a cambios hidrolíticos en moléculas doble cadena de ácidos nucleicos; que la degradación fotoquímica de la información genética es menos frecuente en las cadenas dobles de ácidos nucleicos, etc.). Pero también *permite* replantear, constantemente, las características ambientales del escenario primitivo que está en espera de poder lograr la producción abiótica de algo parecido a las ribozimas⁷¹.

El mundo del RNA define y redefine sus fronteras constantemente, y crea un espacio en el que las representaciones implicadas no son sólo de las cosas como son o como pudieron ser en la realidad pasada, sino de las cosas *como pueden ser* –con esa capacidad de *significar algo más- en la realidad creada dentro de este espacio grafemático*; un espacio que es resultado de una historia de objetos epistémicos que he tratado de contar aquí.

⁷¹ Popularmente se dice que el mundo del RNA es “el sueño de los biólogos moleculares pero la pesadilla de los químicos prebióticos”.

Conclusiones

La aplicación de la estrategia de Rheinberger en el campo del origen de la vida, esto es, la desconstrucción de uno de sus objetos epistémicos más importantes, el llamado "mundo del RNA", pone de relieve la utilidad de la noción de sistema experimental como unidad funcional e integral de acercamiento a la comprensión del desarrollo de las ciencias biológicas.

El análisis de los sistemas experimentales de Miller y Urey, por una parte, y de Cech y Zaug, por la otra, trazan una imagen de práctica científica que coloca en su centro al trabajo experimental del científico como el generador de objetos epistémicos –y técnicos-, cuestionando el papel tradicionalmente subordinado de la experimentación con respecto a la teoría (Hacking, 1983).

Los sistemas experimentales son procesos de significación material que embeben y limitan a los objetos de investigación de las ciencias biológicas, los definen y redefinen a través de un proceso de marcación diferencial que tiene lugar dentro de un contexto experimental.

La noción de contexto aquí, nos obliga a hablar del texto. En el epílogo de su libro de 1997, Rheinberger habla de los sistemas experimentales como exhibiendo las características de un texto: "...un sistema experimental legítimamente puede ser visto como teniendo las características de un texto... Texto y contexto se mezclan. Es el rasgo básico de un texto, de una escritura, volverse y permanecer como texto sólo a través de ser releída, rescrita, separada de los pretextos –autor- y recontextualizada⁷²..." (Rheinberger, 1997, p. 224).

La ampliación del concepto de texto realizada por Derrida como una red diferencial de marcas, de trazas, de huellas que se entretajan remitiéndose unas a las otras en una relación temporal, y la caracterización realizada por Rheinberger de los sistemas experimentales a su vez, como texto, permiten

⁷² En la recontextualización de un texto, Ricoeur (1986) ha colocado la posibilidad de redescubrir la realidad, *de significarla constantemente*. El que los sistemas experimentales exhiban las características de un texto me remite también, al trabajo de Ricoeur (1986) titulado "*El modelo del texto: la acción significativa considerada como un texto*", en el que se equipara al texto con la acción significativa (de la obra humana). El análisis del trabajo de Ricoeur podría, en este sentido, aportar distintos elementos que amplíen la discusión sobre los sistemas experimentales como texto.

que la desconstrucción sea posible como intervención que pretende mostrar el trazado o proceso de construcción de una textualidad aparentemente "acabada y fija". El "mundo del RNA", un texto en tanto espacio grafemático, puede entonces ser desconstruido, y su desconstrucción facilita el poder dar cuenta de parte de su proceso de constitución como objeto de investigación científica. La desconstrucción entonces, deja ver su relevancia como aproximación al estudio de la producción de conocimiento científico.

La desconstrucción como desmontadora de textos también ofrece miradas distintas al problema de la representación científica y su relación con el realismo científico.

Concebir al "mundo del RNA" como un espacio grafemático, más que como un estado evolutivo precedente, plantea una cierta relación de representación entre el conocimiento de los objetos y el mundo, que pone como *mediador* al texto. Los objetos epistémicos como representaciones no son las unidades significantes inmediatas de un referente inmutable, sino trazas que se encadenan a otras trazas diferidas temporal y espacialmente.

Una historia de objetos epistémicos deja ver cómo "...el movimiento de la referencia hacia la mostración... se encuentra interceptado... por un texto... Interceptado y no suprimido... porque el texto tiene referencia; ésta será precisamente la tarea de la lectura como interpretación: efectuar la referencia..." (Ricoeur, 1986). En esta suspensión se halla diferida la referencia y desplazada a otros textos.

Este desplazamiento que impide que un significante sea privilegiado sobre otro⁷³, es el que permite que los sistemas experimentales como texto, en tanto relaciones diferenciales de marcas, puedan ser leídos. Su textualidad los deja producir sorpresas, esto es, nuevas entidades epistémicas, articulando un nuevo texto y dotando de movilidad al quehacer del científico (abriendo sus posibilidades de ser). El conjunto de referencias abiertas por los textos van constituyendo al mundo, en tanto que lo van significando (Hacking, 1983; Ricoeur, 1986; Lenoir, 1998).

⁷³ Y que lleva a hablar del "origen" sólo como traza de otra traza.

El que el referente, dentro del texto, sea ocupado por otros significantes no quiere decir, sin embargo, que “no hay nada fuera del texto”, una de las críticas más fuertes a la filosofía de Derrida. Las herramientas conceptuales y analíticas de Rheinberger, en este sentido, muestran cómo en la configuración de objetos epistémicos los científicos se encuentran con resistencias, límites materiales que constriñen su proceso de construcción de la realidad a través del juego experimental de estabilización-desestabilización.

Las historias de objetos epistémicos son las historias de las huellas epistémicas o grafemas que van constituyendo a los objetos de investigación, en tanto objetos históricos (desconstruibles) en este juego de reproducción y diferencia. Las historias de objetos epistémicos recuperan nociones de múltiples corrientes de reflexión humanística como son la hermenéutica o la desconstrucción, y me parece que es dentro de ellas en donde podemos encontrar abundantes recursos potenciales que nos permitan contar historias de las ciencias que muestren las otras caras de la ciencia: movimientos diferenciales no-teleológicos generadores de nuevo conocimiento, cuyos objetos, los objetos epistémicos, pueden ser interpretados como juegos (capas) de trazas articuladas dentro de un espacio material de intervención.

Referencias bibliográficas:

- Alberts, B. Bray, D. Lewis, J. Raff, M. Roberts, K. y J. Watson. (1994). *Molecular Biology of the Cell*. Garland Publishing. USA. 1300 p.p.
- Bolívar, A. (1990). Jacques Derrida. En: *El Estructuralismo: de Lévi-Strauss a Derrida*. 1990. Ed. Cincel, Colombia. p.p. 173-192
- Cech, T. (1986). A model for the RNA- catalyzed replication of RNA. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **83**: 4360-4363.
- Christie, J. (1990). The development of the historiography of science. En: Olby, R., et al. (eds). *A Companion to the Modern History of Science*. Longman, Netherland. p.p. 5-22.
- Chyba, C. y Sagan, C. (1992). Endogeneous production, exogeneous delivery and impact-schock synthesis of organic molecules: an inventory for the origins of life. *Nature*, **355**: 125-132.
- Crick, F. (1968). The origin of the genetic code. *Journal of Molecular Biology*, **38** (3): 367-379.
- Deamer, D. W. y G.R. Fleischaker. (1994). *Origins of Life: The Central Concepts*. Jones and Bartlett Publishers International. USA. 431 p.
- Derrida, J. (1989). *Márgenes de la filosofía*. Cátedra. Madrid. España. p.p. 17-48.
- Derrida, J. (1989). *La escritura y la diferencia*. Anthropos. Barcelona. España. p.p. 383-401.
- Derrida, J. (2003). *De la gramatología*. Siglo XXI eds. México. 397 p.
- Fleck, L.(1935). *La génesis y el desarrollo de un hecho científico: introducción a la teoría del estilo de pensamiento y del colectivo de pensamiento*. Versión española. Alianza Editorial. España. 200 p.
- Forterre, P. (1999). ¿Son las hipertermófilas nuestro origen?. *Mundo Científico*, **200**: 26-33.
- Fry, I. (2000). *The emergence of life on Earth: a historical and scientific overview*. Rutgers University Press. USA. 329 p.
- Gadamer, H-G. (1977). *Verdad y método: Fundamentos de una hermenéutica filosófica*. Ediciones Sígueme. Barcelona. p.p. 331-377.
- García-Masip, F. (2004). Derrida y el texto: introito. *Academus*: 9-14.
- García-Meza, V. González-Rodríguez, A. y A. Lazcano. (1994). *Ancient paralogous duplications and the search for archean cells*. En: Fleischaker, G.R. Colonna, S. y P. Luisi. Self-reproduction of supramolecular structures: from synthetic structures to models of minimal living systems. p.p. 1-16.
- Gilbert, W. (1986) The RNA world. *Nature*, **319**: 618.
- Hacking, I. (1996). *Representar e Intervenir*. Versión española de la de 1983. Paidós. México. 321 p.
- Haldane, J. B. S. (1994). The origin of life. En: Deamer, D. W. & Fleischaker, G. R. (eds.). 1994. *Origins of life: the central concepts*. Jones and Bartlett Publishers, USA. p.p. 73-81.
- Heidegger, M. (1927). *El Ser y el Tiempo*. Traducción de J. Gaos. FCE. México. 478 p.
- Heidegger, M. (1997). *Ser y Tiempo*. Traducción de J.E. Rivera. Editorial Universitaria. Chile. 497 p.
- Heidegger, M. (1975). *La pregunta por la cosa*. Alfa. Argentina. p.p. 44-45.
- Hughes, R., Robertson, M., Ellington, A. y M. Levy. (2004). The importance of prebiotic chemistry in the RNA World. *Current Opinion in Chemical Biology*, **8**: 629-633.
- Inoue, T. y L. Orgel. (1983). A nonenzymatic RNA polymerase model. *Science*, **219**: 859-862.

- Joyce, G. (1991). *The rise and fall of the RNA world*. En: Deamer, D. W. y G.R. Fleischaker. 1994. *Origins of Life: The Central Concepts*. Jones and Bartlett Publishers International. USA. p.p. 391-399.
- Kamminga, H. (1980). *Studies in the history of ideas on the origin of life from 1860*. Ph D. Thesis in the University of London. Department of History and Philosophy of Science. U.K. 391. p.
- Kamminga, H. (1988). Historical perspective: the problem of the origin of life in the context of developments in biology. *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, **18**: 1-11.
- Knorr-Cetina, K. (1995). Laboratory studies: the cultural approach to study of science. En: Jassanoff, S. et al. 1995. *Handbook of science and technology studies*. Thousands Oaks. Sage Publications. p.p. 140-166.
- Lahav, N. (1999). *Biogenesis: Theories of life's origin*. Oxford University Press. USA. 349 p.
- Latour, B. y Woolgar, S. 1986. *La vida en el laboratorio: la construcción de los hechos científicos*. Alianza Universidad. España. 326 p.
- Lazcano, A. (1983). *El origen de la vida: evolución química y evolución biológica*. Trillas. México. 107 p.
- Lazcano, A. (1994a). The transition from nonliving to living. En: Bengston, S. (ed) 1994. *Early Life on Earth*. Columbia University Press. USA. p.p. 60-69.
- Lazcano, A. (1994b) The RNA world, its predecessors, and its descendants. En: Bengston, S. (ed) 1994. *Early Life on Earth*. Columbia University Press. USA. p.p. 70-80.
- Lazcano, A. Fox, G. y J. Oró. (1992). Life before DNA: The origin and evolution of early archean cells. En: Mortlock, R. (ed). *The Evolution of Metabolic Function*. CRC Press. USA. p.p. 237-275.
- Lenoir, T. (1998). Inscription practices and materialities of communication. En: Lenoir, T. (ed). 1998. *Inscribing Science: scientific texts and the materiality of communication*. Stanford University Press. USA. p.p. 1-19.
- Levine, J., Augustsson, T. y Natarajan, M. (1982). The prebiological paleoatmosphere: stability and composition. *Origins of life*, **12**: 245-259.
- López Piñero, J.M. (1992). Las etapas iniciales de la historiografía de la ciencia: invitación a recuperar su internacionalidad y su integración. *Arbor*, **CXLII**: 21-67.
- Lugones, M. (2004). Tradiciones científicas en la configuración de un nuevo campo de conocimientos en Argentina: el caso de la biología molecular. En: Arellano, A. 2004. *Memorias de las V Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y Tecnología*. Toluca (Méx), UAEMéx.
- Margulis, L. y M. Dolan. (2002). *Early life: evolution on the Precambrian Earth*. Jones and Bartlett Publishers. USA. p.p. 25-56.
- Martínez, S. (1993). Método, evolución y progreso en la ciencia (1ª parte). *Crítica*, **25** (73): 37-69.
- Martínez, S. y Suárez, E. (1996). La evolución de técnicas y fenómenos: hacia una explicación de la "confección del mundo". *Crítica*, **28** (82): 25-66.
- Martínez, S. (2003). *Geografía de las prácticas científicas*. IIF-UNAM. 206 p.
- Miller, S. (1953). A production of aminoacids under possible primitive Earth conditions. *Science*, **117**: 528-529.
- Miller, S. (1974). The first laboratory synthesis of organic compounds under primitive earth conditions. En: Neymen, T. (ed) *The heritage of Copernicus: Theories "Pleasing in the mind"*. MIT Press. USA. p.p. 228-242.
- Miller, S. y H. Urey. (1959). Organic compound synthesis on the primitive Earth. *Science*, **130**. p.p. 245-251.

- O'Gorman, E. (1948). *Crisis y porvenir de la ciencia histórica*. Imprenta Universitaria. México. p.p. 21-126.
- Olea, A. F. (1987). *El origen de la vida: una visión histórica y epistemológica*. Tesis Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 227 p.
- Oparin, A. I. (1921). The origin of life. En: Deamer, D.W. & Fleischaker, G. R. (eds.). 1994. *Origins of Life: the central concepts*. Jones and Bartlett Publishers, USA. p.p. 31-71.
- Oparin, A. I. (1979). *Origen de la vida sobre la Tierra*. Tecnos. España. 365 p.
- Oparin, A. I. (1998). El origen de la vida en el universo. En: Olea, F. A. y Chávez, L. (eds). *El origen y la evolución temprana de la vida*. AGT Editor, México. p.p. 39-53.
- Orgel, L. (1968). Evolution of the genetic apparatus. *Journal of Molecular Biology*, **38** (3): 381-393.
- Orgel, L. (1994). The origin of life on the earth. *Scientific American*, Oct, 53-61.
- Orgel, L. (1998). The origin of life: a review of facts and speculations. *Topics in Biological Sciences*, **23**: 491-495.
- Oró, J. (1961). Mechanism of synthesis of adenine from hydrogen cyanide under possible primitive Earth conditions. *Nature*, **191**: p.p. 1193-1194.
- Pinto, J., Gladstone, R. y Y. Ling-Yung. (1980). Photochemical production of formaldehyde in Earth's primitive atmosphere. *Science*, **210**: 183-185.
- Quintanilla, M. (1998). *Técnica y cultura*. Paper para la Universidad de Salamanca. 19 p.
- Rheinberger, H. (1997). *Toward a history of epistemic things: synthesizing proteins in the test tube*. Stanford University Press. USA. 325 p.
- Rheinberger, H. (1997a). Experimental complexity in biology: some epistemological and historical remarks. *Philosophy of Science*, **64**: S245-S254.
- Rheinberger, H. (1998). Experimental Systems, Graphematic Spaces. En: Lenoir, T. (ed). 1998. *Inscribing Science: scientific texts and the materiality of communication*. Stanford University Press. USA. p.p. 285-303.
- Rheinberger, H. (1999). Experimental Systems: Historicity, Narration and Deconstruction. En: Biagioli, M. (ed). 1999. *The Science Studies Reader*. Routledge. USA. p.p. 417-429.
- Ricoeur, P. (1986). *Del texto a la acción: Ensayos de hermenéutica II*. FCE. México. 380 p.
- Shapiro, R. (1987). *Orígenes*. Biblioteca Científica Salvat. España. 305 p.
- Urey, H. (1952). On the early chemical history of the earth and the origin of life", *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **38**: 351-363.
- Walter, J. (1998). Implicaciones para la evolución atmosférica del modelo de agregación inhomogénea del origen de la Tierra. En: Olea, A. F. y Chávez, L. (1998). *El origen y la evolución temprana de la vida*. AGT Editor. México. p.p. 69-81.
- Zaug, A. Y Cech, T. (1986). The intervening sequence RNA of *Tetrahymena* is an enzyme. *Science*, **231**: 470-475.