

La modernidad y la posmodernidad en la biología

Luis Jair Gómez G.

*Las epopeyas recientes en los desarrollos
Instrumentales y experimentales de la
Biología, tales como la ingeniería genética,
han conducido, de un lado, a la vergüenza
del patentamiento de la vida y, del otro, al
debilitamiento de la Biosfera. Es urgente
emprender un esfuerzo por mantener la
vida para la naturaleza y al ser vivo en su entorno.*

INTRODUCCIÓN

El siglo XX puede designarse, sin riesgo de exageración, como el siglo de la física. Durante el siglo pasado la cuántica primero, luego la relatividad y la penetración a las interioridades del átomo, llevaron

a la física desde el racionalismo del siglo XIX a la plena madurez del superracionalismo, si se sigue el pensamiento de G. Bachelard¹.

Parece posible señalar que el presente siglo, se pueda considerar como el siglo de la Biología, puesto que se están profundizando y consolidando las grandes transformaciones que se insinuaron y avanzaron en el siglo XX en aspectos de gran relevancia en el pensamiento biológico, siendo uno de los más destacados el de los elementos epistemológicos con los que se está abordando el estudio de la vida, lo cual pone en una perspectiva diferente los fenómenos atinentes a ella. No se trata entonces de un cambio de paradigma según lo entiende T. Khun² como el enunciado teórico capaz de explicar o predecir las características de un conjunto de observaciones empíricas o experimentales-, sino de una modificación del objeto de análisis de la biología como ciencia, al desplazarse desde la interioridad del ser vivo, al ser vivo con su entorno; lo que significa que luego de una evolución del objeto mismo de la biología, se entra a una agitada transformación –una verdadera revolución- hacia la forma de mirar a la vida como sistema.

I. NACIMIENTO Y EVOLUCIÓN DE LA BIOLOGÍA: LA CONFIGURACIÓN DE DOS LÍNEAS DE ESTUDIO

La biología que nace al iniciarse el siglo XIX se establece como un campo de la ciencia diferente a la Historia Natural o Historia de los Seres Vivos que se había establecido desde Aristóteles y que luego de un debilitamiento reaparece fortalecida en la taxonomía Linneana en el siglo XVIII y luego con Cuvier

en el XIX y que aún sigue vigente a pesar de su incongruencia con el evolucionismo Lamarckiano-Darwiniano.

El término y su primera definición aparece con G. R. Treviranus, un médico alemán, quien escribe en 1802: “los objetos de nuestra investigación serán los diferentes fenómenos y las diferentes formas de vida, las condiciones y las leyes bajo las que ocurren y las causas que las producen. A la ciencia que se ocupa de estos objetos la llamaremos Biología o Ciencia de la vida” (En W. Coleman, 1983³). Por su parte Lamarck⁴ señala que “así pues, esta *Filosofía Zoológica* presenta los resultados de mis estudios sobre los animales, sus caracteres generales y particulares, su organización, las causas de su desarrollo y de su diversidad, y las facultades que de ellos se obtienen; y para redactarla, he hecho uso de los principales materiales que había recogido para una proyectada obra sobre cuerpos vivos, bajo el título de *Biología*”.

Había sin embargo, entre G. R. Treviranus y Lamarck una diferencia que iría a profundizarse en adelante y que alumbraría hacia el futuro los desarrollos del conocimiento biológico. En efecto, el concepto de biología en Treviranus nace desde su ejercicio médico, esto es, dentro de la funcionalidad del cuerpo humano como ser vivo y entidad individual, mientras en Lamarck surge a partir de sus preocupaciones por las incoherencias de la taxonomía, y sobre todo “a (partir de) las consecuencias de un cambio sostenido en las circunstancias y las costumbres de los seres vivos, (que me hicieron posible) captar el hilo que une entre sí las numerosas causas de los fenómenos que nos ofrece la organización animal en sus de-

¹G. Bachelard. 1973. La filosofía del no. (Ensayo de una filosofía del nuevo espíritu científico). Amorrortu editores. Buenos Aires. P. 19.

²T. Khun. 1973. La estructura de las revoluciones científicas. Fondo de cultura económica. México. P. 106 y ss.

³W. Coleman. 1983. La biología en el siglo XIX. Fondo de Cultura Económica. México. P. 10.

⁴J. B. Lamarck. 1971. Filosofía Zoológica. Editorial Mateu. P. 31.

sarrollos y su diversidad”⁵. Con esto Lamarck une al ser vivo (su organización interna) con su entorno (las circunstancias, las costumbres y la diversidad).

Estos dos derroteros mantuvieron su vigencia en el avance de la biología y contribuyeron a su construcción, pero independientemente y atacándose el uno con el otro y, hasta puede decirse, que desde su nacimiento la biología se ha movido en relación con el entorno, ya sea para vincularse a él o para aislarse de él. En la mitad del siglo XIX se da un conjunto de acontecimientos que reúne bajo una misma idea –la de evolución– al conjunto de la sociedad científica de la época. En primer lugar, desde la energética, se enuncia el concepto de termodinámica irreversible, representada en la entropía (R. J. E. Clausius, 1850), como ley de degradación (evolución) irreversible en lo físico; contemporáneamente H. Spencer (1857) plantea en lo social, la tendencia irremediable de los procesos sociales hacia la heterogeneización y, luego C. Darwin y A. R. Wallace (1858) retoman y reelaboran con mayor profundidad el concepto lamarckiano de evolución biológica que conduciría a E. Haeckel (1866) a nombrar por primera vez la Ecología. Se completan así las bases del concepto de evolución enunciado por Lamarck.

Sin embargo, casi simultáneamente con la noción de Ecología, G. Mendel (1865) formula experimentalmente dos leyes de la herencia, cuyo asiento físico se ubica en partículas identificables en el interior del ser vivo, al margen de cualesquier relaciones con el entorno. Esta posición es fuertemente reforzada por Weismann (1885), quien reconoce un somatoplasma, o conjunto integrado de órganos del cuerpo en relación funcional con el entorno y un germoplasma o conjunto de “partículas” mendelianas, independientes del

soma y del entorno, encargado de transmitir, sin alteración ninguna, la herencia desde los padres a la descendencia.

Como tan reiteradamente se señala en los textos de Historia de la genética, en el cambio del siglo XIX al XX, tres investigadores independientemente, redescubren las leyes de Mendel – H. De Vries, E. Tschermak y K. E. Correns-, pero también, y para acentuar más la teoría Mendeliano-Weismanniana de partículas identificables al interior del ser vivo, H. De Vries explica el proceso evolutivo con transformaciones súbitas e incontrolables a nivel cromosómico que denominó “mutaciones”; de esta manera se acentúa más y más la línea particularizante de los “caracteres” de Mendel y del germoplasma aislado, inmutable y eterno de Weismann.

Lamarck, a diferencia de Treviranus, además de acoger como núcleo central de la biología las leyes que rigen los procesos internos del ser vivo, coloca a éste en relación con el entorno, -las “circunstancias”, es su expresión-, y da lugar a otra ruptura profunda con la Historia Natural, el fenómeno de la evolución, el cual será puesto a punto por dos investigadores independientemente, C. Darwin y A. R. Wallace (1858)⁶, que muy pronto, sólo ocho años después daría origen a otro campo que aunque se presenta como distinto a la biología está íntimamente ligado a ella. Se trata de la ecología, esa mirada al ecosistema, esto es, al ser vivo y al entorno reunidos en una sola unidad, o, dicho de otra manera, al ser vivo como inseparable funcionalmente del entorno en el que está inmerso, tal como lo había entendido el mismo E. Haeckel (1866), quien acuñó la palabra y definió por primera vez el concepto. “Por ecología entendemos -decía Haeckel- la

⁵Idem, P. 31.

⁶C. Darwin and A. Wallace. 1858. On the tendency of species to form varieties; and on the perpetuation of varieties and species by natural means of selection. Linnean society journal- Zoology. Vol. 3 (part 9). P. 45

totalidad de la ciencia de las relaciones del organismo con su entorno, que comprende en un sentido amplio todas las condiciones de existencia”, según la transcripción de J. P. Deléage, 1993⁷.

La teoría Darwiniana-Wallaciana crea un gran impacto en el mundo científico de su tiempo, y divide en dos grandes grupos la masa crítica ocupada en la biología y campos relacionados: los evolucionistas y los fijistas o creacionistas, que aunaron estos últimos, al tradicional soporte de la Iglesia el prestigio “científico” de los trabajos de Cuvier y sus continuadores, hasta que al llegar el cambio de siglo se da uno de esos fenómenos puramente fortuitos en la historia de las ciencias. Un botánico holandés, H. De Vries, volviendo sobre el tema de la hibridación, desarrolla procesos experimentales con plantas que le permitieron, de un lado, redescubrir a G. Mendel cuya extraordinaria contribución a la biología había sido la formulación de las leyes de la herencia desde los resultados de los experimentos en hibridación, pero habían quedado desconocidos para Occidente; y del otro lado, encontrar una explicación para la teoría de la evolución manteniendo a los procesos vivos internos al margen de cualquier relación con el entorno. Esta escuela será fundacional del Neodarwinismo y seguirá su propio desarrollo al margen de la concepción lamarckiana de relación ser vivo/“circunstancias”. El neodarwinismo se erigirá en adelante como la expresión más acabada de la herencia y la evolución en la biología analítica cartesiana y sobre ese paradigma se avanzará con gran dinamismo.

En esa línea cabe destacar dos logros de gran prestigio: el primero, la configuración de la Genética de Poblaciones a partir de R. A. Fisher

(1908) y otros, quienes desarrollan modelos estadísticos para el manejo de las expresiones fenotípicas en poblaciones de seres vivos. Esto va a permitir a J. Lush (1935) y sus discípulos crear las técnicas de mejoramiento genético de poblaciones animales mediante la aplicación de los principios desarrollados en la Genética de Poblaciones.

El segundo llega en el decenio de los años 20 del siglo XX, cuando se abre un importante campo de trabajo experimental que llevaría a elaborar, ya en gran detalle, el Neodarwinismo como un campo científico con un conjunto de elementos bien configurados. Se trata de los trabajos de T. H. Morgan⁸, presentados hacia 1932, con la mosca del vinagre, *Drosophila melanogaster*, con los cuales quería “resaltar que el estudio de la evolución ha adelantado lo suficiente como para colocarlo en el mismo plano que ha permitido los grandes progresos en los dominios de la química y de la física”. Pero su posición es claramente diferente al darwinismo original tanto metodológica como epistemológicamente. “Las pruebas obtenidas de esos cuatro orígenes (de De Vries, 1901; Mendel, redescubierto en 1900; Johannsen, 1903; Sutton, 1903) y los desarrollos subsecuentes nos suministran hoy ideas que permiten hacer un examen objetivo de la teoría de la evolución en contraste con el antiguo método especulativo que consistía en tratar la evolución como un problema histórico”⁹. Y agrega a continuación: “cuando me refiero a esta particular atracción (la investigación experimental), quiero significar la aplicación del mismo género de procedimiento que ha sido reconocido y consagrado desde largo tiempo atrás en las ciencias físicas como el más seguro para formular una interpretación del mundo exterior”¹⁰.

No puede desconocerse que Morgan es muy consecuente con su posición reduccionista

⁸T. H. Morgan. 1949. La base científica de la evolución. Espasa-Calpe Argentina. P. 7 (Prefacio)

⁹Idem, p. 13.

¹⁰Idem, p. 14.

⁷J. P. Deleage. 1993. Historia de la Ecología. Editorial ICAR-IA. Barcelona. P. 10.

y analítica, sobre la cual desarrolla toda su investigación en la mosca del vinagre y es reafirmada una y otra vez en su texto “Embriología y Genética”, aparecido en el mismo año -1933- en que recibe el premio Nobel por su trabajo sobre los Principios fundamentales de la Herencia Mendeliana. En esta obra afirma sin matices que “tan sólo cuando consiga aplicar un método mediante el cual la ciencia pueda separar el grano de la paja, es decir, pueda valerse de la hipótesis de trabajo comprobada por las mediciones cuantitativas, en una palabra, los métodos experimentales, el estudioso comenzará a transformar la embriología en una ciencia exacta”¹¹. Se reafirma en toda su plenitud el tratamiento de la evolución darwiniana desde una posición claramente analítica-cartesiana, es decir, sin abandonar el mundo biológico particularizado, cuantificado e inmutable de Mendel y Weismann.

Con estas bases se avanzará durante toda la segunda mitad del siglo XX hasta el desarrollo de la llamada “Nueva Genética”, la de la aplicación a escala de la clonación y la Ingeniería Genética, consideradas como las mayores conquistas técnicas de los avances de este campo biológico. Se logra también, al filo de la culminación del siglo XX y para culminar el avance en este camino, el mapa del genoma humano, que aparece como una necesidad en la relación establecida entre herencia y patología. Pero en la biología general los logros son en la misma línea y se apoyan entonces en el espacio de la química molecular, desde el conocimiento ganado sobre las funciones de las llamadas grandes y pequeñas moléculas.

En cuanto a la interacción ser vivo/ entorno que va de Lamarck a Darwin y Wallace en su primera etapa, se disminuye notablemente el vigor inicial de su discusión como efecto de los

¹¹T. H. Morgan. 1945. Embriología y genética. Editorial Losada. Buenos Aires. P. 8.

ataques provenientes de las creencias religiosas, y luego es deformado por la concepción analítica cartesiana de Mendel y Weismann a través de la «mutación», lo que implica una gran reorientación, al hacer depender el fenómeno evolutivo del azar de un proceso interior, la mutación. Se expulsa así al entorno de las dinámicas biológicas y se acoge la evolución, ya imposible de ignorar, como un fenómeno puramente del azar que opera exclusivamente desde el interior del ser vivo.

Esta posición es entonces, reforzada desde la física por E. Schrödinger (1986) en una exposición¹² que, a pesar de sus profundas implicaciones en los avances futuros hacia la reubicación del ser vivo en su entorno, parece dar una fuerte solidez, desde la cuántica de M. Planck, a la visión de la biología mendeliano-weismanniana, valiéndose del modelo de los «cristales aperiódicos» como analogía para describir los cromosomas y ubicar en ellos la teoría de producir «orden a partir del orden», en tanto exhiben una gran estabilidad que muy ocasionalmente se rompe dando lugar a las mutaciones. Con esta aproximación puramente física se suscribe a la teoría de la mutación de De Vries, y le da toda una base física de gran fortaleza. Conviene anotar que la teoría de los genes como cristales aperiódicos duraría apenas un decenio más, cuando T. D. Watson y F. Crick descubrirían, en 1953, la estructura molecular del ADN, hoy conocida como doble hélice. En cuanto al fenómeno entrópico que sitúa necesariamente al ser vivo en su entorno en forma activa, elabora la teoría de “entropía negativa”, que luego tomará el nombre de «neguentropía», para salvar el problema de la ineludible degradación energética y material a nivel molecular del organismo, es decir, de la necesaria producción de entropía positiva

¹²E. Schrödinger. 1986. ¿Qué es la vida? Ediciones Orbis. Barcelona.

como fenómeno incontestable en todos los procesos naturales. Schrödinger¹³ señala que nuestros alimentos como material orgánico permiten al ser vivo, en el proceso del *metabolismo* (**del gr. Intercambio**), extraer continuamente entropía negativa de su medio ambiente (“de lo que un organismo se alimenta es de entropía negativa”) y que mediante ese mismo proceso metabólico “el organismo consigue liberarse a sí mismo de toda la entropía que no puede dejar de producir mientras está vivo”.

Esta posición del renombrado físico austriaco, bien familiarizado con la ley de la entropía, da una base desde las ciencias duras a la biología y se constituye así, con T. H. Morgan desde la biología, en uno de los grandes animadores del Neodarwinismo.

En realidad esta perspectiva de Schrödingeer no podía ser más paradójica. La termodinámica de la irreversibilidad, que bien puede llamarse la termodinámica evolutiva, se instaló sin limitaciones desde su nacimiento hacia la mitad del siglo XIX, y sustituyó la termodinámica clásica previa. En cambio la evolución darwiniana-wallaciana, surgida en la misma época, fue duramente cuestionada desde varios ángulos con apoyo en el peso de las creencias religiosas, y a pesar de su prominente similitud con lo físico en cuanto a la participación del entorno (sistemas cerrados y abiertos) en el proceso de transformación, nunca llegó a tener un reconocimiento incuestionable.

Darwin y Wallace son supremamente claros al presentar la evolución biológica como un fenómeno que reconoce sin ambages la relación ser vivo/entorno. “En un sentido puede decirse que las condiciones de vida no solamente causan variabilidad directa o indirectamente, sino que incluyen también a la selección natural, porque las condiciones determinan si ésta o aquella

variedad ha de sobrevivir”¹⁴. Se reconocen ahí, en esta afirmación, sin ninguna dificultad, las «circunstancias» lamarckianas, lo que es aún más explícito en otro aparte de Darwin: “En general, podemos concluir que el hábito, el uso y desuso, han desempeñado en algunos casos papel considerable para modificar la constitución y estructura...”¹⁵.

Sólo después de medio siglo, en 1909, un filósofo, que no un biólogo, volvió a retomar a Darwin. Se trata de H. Bergson en su “Evolución creadora”, en la cual entra un elemento que luego se reconocería como indispensable y que separa claramente la analítica cartesiana de la integración de las partes a un todo que es más que la suma de las partes. Es, seguramente, esa persistencia y prestigio de la analítica lo que impide que la noción de Ecología que Haeckel derivó directamente de Darwin, tome identidad y se desarrolle antes de un siglo, cuando ya entra en reconocimiento de buena parte de la comunidad científica el concepto de «sistema».

Sería R. Lindeman (1940) después de A. Tansley (1935) quienes podrían retomar y darle vida plena a la Ecología, dentro de la sistémica, ya avanzado el siglo XX. Son estos autores quienes colocan al entorno como sitio de albergue, no de individuos, sino de comunidades de seres vivos, superando definitivamente el dominio anterior que se movía de la botánica a la zoología y más como defendiéndose los individuos en lugar de integrarse al entorno. Por supuesto, estos aspectos de ecología sacuden también a la biología en tanto son disciplinas integradas que tienen diferencias sólo en el énfasis.

II. LOS GRANDES AVANCES CON LA CONSOLIDACIÓN DE LA SISTÉMICA

Ya en este punto y con estos elementos es posible emprender el gran desarrollo de la

¹⁴C. Darwin. 1955. El origen de las especies por medio de la selección natural. Editorial Diana. México. P.140.

¹⁵Idem, p. 147.

¹³Idem, p 98.

biología evolutiva a partir de considerar al ser vivo en su entorno como unidad de trabajo. Un primer paso en este sentido lo constituyeron los simposios de Villa Serbelloni convocados por la Unión Internacional de Ciencias Biológicas que se reunieron precisamente en el intento de descubrir y formular los conceptos generales y las relaciones lógicas características de los sistemas vivientes frente a los sistemas inorgánicos¹⁶, cuya organización y dirección recayó en C. H. Waddington durante los veranos de 1966, 1967 y 1968. En esta interesante discusión en la que participó un importante grupo de pensadores e investigadores de las ciencias de la vida, aunque se sigue considerando a la herencia como fenómeno central, se introducen dos aspectos que ponen al ser vivo en necesaria interacción con el entorno. Realmente el elemento central, en mi sentir, es el de llevar definitivamente la biología a la sistémica. En este aspecto cabe destacar por lo menos tres puntos: 1. Concede toda la importancia a la característica del ser vivo de estar configurado como «sistema abierto», en tanto no es pensable el metabolismo sin esa incorporación desde el entorno de la materia y energía necesarias para su dinámica inherente, ni lo es tampoco la expulsión de desechos a ese mismo entorno; 2. Concede al desarrollo desde el proceso embrionario, la condición de «epigénesis», entendiendo por tal un grupo de interacciones en el conjunto genómico, que se constituye así en un todo con su propia capacidad operativa que supera la simple adición de información dada por cada partícula génica; y 3. Otorga al proceso epigenético la característica de ser oscilatorio intrínsecamente a partir de un «atractor» que mantiene un cierto espacio de oscilación dentro de la trayectoria canalizada que conduce al adulto. Esta trayectoria canali-

¹⁶C. H. Waddington. 1976. Prólogo. En "Hacia una biología teórica". Editado por C. H. Waddington y otros. Alianza editorial. Madrid. P. 11.

zada la denomina el biólogo inglés «creodo». De ahí que Waddington prefiera el término «homeorhesis» en lugar de «homeostasis», puesto que se trata de un proceso estabilizado —en oscilaciones alrededor de un atractor— y no de un estado estabilizado¹⁷. El segundo aspecto es el de dar mayor valor al fenotipo que al genotipo, lo que ubica la selección natural darwiniana en un espacio central que desplaza al genoma desde la condición rígida del mutacionismo, a un encuentro funcional con las condiciones externas en que se desarrolla el ser vivo.

En esta línea profundiza F. Jacob, quien se empeña en expulsar definitivamente al reduccionismo de la biología y se sitúa en la historia como manera de reconocer el papel que la herencia juega en el proceso evolutivo. "Para el biólogo integrista", escribe, "la biología no puede reducirse a la física y a la química. No es que quiera invocar lo incognoscible de una fuerza vital, sino que piensa que la integración en cualquier nivel, da a los sistemas propiedades que no tienen sus elementos. El todo no es tan sólo, la suma de las partes"¹⁸. Algunos lustros después el mismo Jacob insiste con mayor amplitud en la mirada sistémica a los seres vivos: "Sean vivos o no, los objetos complejos son resultados de procesos evolutivos en los que intervienen dos factores: por una parte, las restricciones que, a cada nivel, determinan las reglas del juego y determinan las reglas de lo posible; por otra, las circunstancias que rigen el verdadero curso de los acontecimientos y controlan las interacciones entre los sistemas"¹⁹.

Contemporáneamente a Waddington y Jacob desde la biología evolutiva, un prestigioso

¹⁷C. H. Waddington. 1976. Las ideas básicas de la biología. En "Hacia una biología teórica"..... Pp. 21 y ss.

¹⁸F. Jacob. 1973. La lógica de lo viviente. Editorial Laia. Barcelona. P. 15.

¹⁹F. Jacob. 1982. El juego de lo posible. Ediciones Grijalbo. Barcelona. P. 66.

químico afinaba aún más estos elementos que irían a dar mucha mayor solidez a esta adopción de la epistemología posmoderna, al abandonar el reduccionismo cartesiano-newtoniano y acoger a plenitud la visión posmoderna. En realidad, con esta línea epistemológica se acentuaba más la concepción Lamarckiano-Darwiniana que había sido penetrada y deformada por el Neodarwinismo, y se perfilaba de nuevo al margen del Mendelismo-Weismannismo. Se trata de I. Prigogine, quien al plantearse el problema del caos y el orden dentro del gran avance de la sistémica, avanza hasta incorporar la biología en la termodinámica de los fenómenos irreversibles que suponen sistemas cerrados o abiertos, pero nunca aislados. En tal caso entran en juego, para explicar mejor la funcionalidad de la biosfera, conceptos como el de "estructura disipativa" y "orden por fluctuaciones"²⁰. El primero se refiere a estructuras que permiten un intercambio fuerte de materia y energía con el entorno, sin que se desestabilice por completo el sistema. Esa cuasiestabilidad corresponde a una dinámica de fluctuaciones compatible con el mantenimiento de la organización operativa, esto es, a un "orden por fluctuaciones".

Ese reconocimiento de un aspecto central de la biología, en cuanto ciencia que se ocupa de los procesos que hacen posible la condición de vivo, es la perspectiva de estudios desde los "sistemas complejos". Esta mirada le permite a Prigogine moverse y distinguirse, con mucha soltura, desde la epistemología lineal de causa y efecto, tan propia del reduccionismo, a la incertidumbre propia de la complejidad. Sus palabras son sumamente claras: "El efecto de una causa es inevitable e invariable. Pero la iniciativa que adopta cualquiera de

las partes vivas en un encuentro, no es una causa: es un reto. Su consecuencia no es un efecto: es una respuesta. Reto y respuesta parecen causa y efecto sólo en tanto que representan una secuencia de acontecimientos (...). A diferencia del efecto de una causa, la respuesta a un reto no está predeterminada, no es necesariamente uniforme en todos los casos y, por lo tanto, es intrínsecamente imprevisible"²¹.

Colocar la incertidumbre como una característica central de los procesos biológicos, es darle todo el peso a la complejidad intrínseca de los mismos, con lo cual quedan claramente distinguidos de los procesos físicos y químicos.

III. LA LLEGADA DEL SIGLO XXI

El salto dado en la idea de biología establecido durante el primer medio siglo XX, y las profundizaciones y reconceptualizaciones después del medio siglo están mediadas por dos aspectos fundamentales. En primer lugar, la transformación del metabolismo simple, entendiendo simple como un proceso bioquímico interno, a un metabolismo cuyo elemento central es el intercambio entre el mundo exterior y el medio interior, en donde el proceso bioquímico se constituye en la mediación desde el ingreso desde el entorno hasta el egreso a ese mismo entorno, de materia y energía, reglado desde un centro del orden que toma la forma de «información». Y en segundo término, el reentendimiento de este aspecto a partir de una nueva visión sistémica y compleja. Ese salto se hizo posible por la participación de un grupo de investigadores que desde otras ciencias acompañan a los biólogos.

Esta dispersión tan fuerte del ser vivo en su entorno, tan celebrada por R. C. Lewontin²²,

²⁰I. Prigogine. 1993. La termodinámica de la vida. En "¿Tan sólo una ilusión? (Una exploración del caos al orden)" Tusquets editores. Barcelona. Pp. 305 y ss

²¹I. Prigogine. 1993. La evolución de la complejidad y las leyes de la naturaleza. En "¿Tan sólo una ilusión? ... P. 289.

²²R. C. Lewontin. 2000. Genes, organismo y ambiente. Edi-

es reordenada por H. Maturana y F. Varela con dos consideraciones de extraordinaria importancia que ubican y redefinen inequívocamente tanto al uno como al otro, delimitando la forma de interacción entre ambos.

La primera consideración es la de reconocer al ser vivo como un sistema autónomo y estructuralmente determinado, lo que llama a replantear su relación con el entorno; y la segunda, y como consecuencia de la autonomía, la de reconocer al entorno como otro sistema autónomo y más complejo, que interactúa con el primero pero no lo determina.

La consideración de autonomía implica que los seres vivos son entes discretos cuya existencia depende de que sus componentes sean producidos por ellos mismos mediante procesos de transformación generados en los mismos procesos que los producen. Esto es lo que Maturana denomina *Autopoiesis*²³. Pero al ser el vivir un proceso de transformación de componentes mediante dinámicas de producción que se generan en ese mismo proceso de transformación de componentes, es entonces identificable y delimitable porque hay una organización estable que da cuenta de una forma operativa estructuralmente determinada. Esto significa que el entorno no determina el operar del sistema, sino que conviven e interactúan si se da un «acoplamiento estructural» que haga posible el operar de ambos, en tanto sus estructuras puedan ajustarse a sus dinámicas sin interferencias, es decir, que pueda garantizarse el «acoplamiento estructural». En el conocido texto “El Árbol del Conocimiento”, los biólogos chilenos lo expresan con suma claridad: para distinguir el ser vivo de su transfondo “hemos optado por distinguir dos estructuras que van a ser

consideradas operacionalmente independientes una de otra, ser vivo y medio, y entre las cuales se da una congruencia estructural necesaria (o la unidad desaparece). En tal congruencia estructural una perturbación del medio no contiene en si una especificación de sus efectos sobre el ser vivo, sino que es éste en su estructura, el que determina su propio cambio ante ella”²⁴.

Esta línea de pensamiento que termina en la sistémica, la epigénesis, la estructura disipativa, el orden por fluctuaciones, la autoorganización, la autopoiesis y el acoplamiento estructural, es entregada al siglo XXI, con desarrollos muy importantes y variaciones en torno al tronco principal del modelo. S. Kauffman (2003)²⁵ ha puesto el énfasis mayor en un aspecto que ya había señalado Prigogine²⁶ enraizado en la energética de la vida y relacionado con la termodinámica del no equilibrio donde se configuran las estructuras disipativas para hacer posible el intercambio de energía con el medio externo, y que requieren entonces, necesariamente, “etapas catalíticas” que favorezcan el mantenimiento de la organización en formación. S. Kauffman al respecto escribe: “la vida en esencia depende de la autocatálisis, es decir, de la reproducción”. Para él además son fundamentales en la evolución de la biosfera, la complejidad, la autoorganización y la “invasión al adyacente posible”, el cual fenómeno lo considera como una posible cuarta ley de la termodinámica y la formula de la siguiente manera: “como tendencia media, las biosferas y el universo crean novedad y diversidad lo más rápidamente que les es posible, sin destruir la organización propagativa acumulada, la cual

torial Gedisa. Barcelona.

²³ H. Maturana R. y F. Varela G. 1994. De máquinas y seres vivos. *Autopoiesis: la organización de lo vivo*. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. P. 15.

²⁴H. Maturana R y F. Varela G. 1990. *El árbol del conocimiento*. Editorial Debate. Madrid. P. 81.

²⁵S. Kauffman. 2003. *Investigaciones*. Tusquets editores. Barcelona. P. 37.

²⁶I. Prigogine. 1993. *La evolución de la complejidad.....* p. 246.

constituye el nexo fundamental mediante el que tal novedad es descubierta e incorporada a dicha organización²⁷. Es en este punto en el que se enlazan de alguna manera Prigogine, Maturana, Varela y Kauffman, todos apegados a la naturaleza de los sistemas complejos.

Estos interesantes desarrollos no significan en ningún momento que se ha trazado un camino único al mundo de la biosfera. Por el contrario, se hace más notoria la bifurcación que si bien toma forma en los procesos de la ciencia, no escapa a las influencias económicas y sociales. De un lado, se puede colocar a E. Morin (1992)²⁸: “es reconfortante trocar la seguridad mental por el riesgo, pues con ello se aumentan las posibilidades. Las verdades polifónicas de la complejidad exaltan, y me comprenderán muy bien todos aquellos que como yo se ahogan en el seno de un pensamiento cerrado, de una ciencia cerrada, las verdades delimitadas, amputadas, arrogantes”. Y del otro, a R. B. Laughlin (2007)²⁹: las mediciones que no pueden hacerse con precisión, o que no puedan reproducirse aun cuando sean precisas, son inseparables de la política y, por lo tanto, dan origen a mitologías. Cuantos más matices de significado hay, menos científica es la discusión. En ese sentido, las mediciones precisas *son* leyes científicas, y las situaciones en las que las mediciones precisas no son posibles, son anárquicas”.

Es desde esta visión que sigue avanzando en forma paralela al pensamiento complejo posmoderno, el reduccionismo Neodarwiniano. En la misma Villa Serbelloni en la que C. H. Waddington y sus colaboradores se habían reunido para darle forma a una «biología teóri-

ca», tuvo lugar cuatro años después -1972- la conferencia sobre “Problemas de la Reducción en Biología”, bajo la dirección de F. J. Ayala, con el propósito explícito de profundizar en la “convicción de que el objetivo final de toda disciplina biológica es el de explicar sus teorías y leyes experimentales como casos especiales de leyes físicas y químicas”³⁰. Es clara en estas dos posiciones así expuestas, la diferencia entre el pensamiento de la modernidad y el de la posmodernidad, esto es, entre la analítica que reduce los fenómenos a sus partes separables, medibles y cuantificables, y la sistémica que no desintegra el todo y acoge las consecuencias de la complejidad. Ya para este tiempo el cromosoma como «cristal aperiódico» de Schrödinger, había sido superado por el gran descubrimiento de J. D. Watson y F. Crick, en 1953, de la estructura de doble hélice del DNA, que le permitió a Watson (1974) afirmar que “hoy se tiene la completa certeza, compartida esencialmente por todos los bioquímicos, de que las demás características –además de la herencia- de los organismos vivos.... serán todas completamente comprendidas en función de las interacciones coordinadoras de las pequeñas y las grandes moléculas”³¹.

A pesar de que hasta el presente no parece haberse cumplido el sueño de Watson y los bioquímicos de “describir plenamente las características esenciales que constituyen la vida”³², sí se logró el gran desarrollo de la industria de los transgénicos, cumpliéndose cabalmente la afirmación de R. B. Laughlin según se enunció en la página anterior. En efecto, a partir de la *construcción* del ADN recombinante en 1973 por H. Boyer y S. Cohen se

²⁷S. Kauffman. Opus cit., p. 124.

²⁸E. Morin. 1992. El paradigma perdido. (Ensayo de bioantropología). Editorial Kairós. Barcelona. P.250.

²⁹R. B. Laughlin. 2007. Un universo diferente. (La reinención de la física en la Edad de la Emergencia). Katz editores. Buenos Aires. P. 262.

³⁰F. J. Ayala. 1983. Introducción. En “Estudios sobre la filosofía de la biología”. Editorial Ariel. Barcelona. P. 13.

³¹J. D. Watson. 1974. Biología Molecular del Gen. Fondo Educativo Interamericano. Bogotá. P. 62.

³²Idem, p. 62.

dio inicio a la Ingeniería Genética^{33*} mediante la aplicación, en condiciones controladas de laboratorio, de técnicas de biología molecular. Actualmente tiene aplicación en medicina, agricultura, intervención en el medioambiente, industria, minería y guerra biológica. Estas amplísimas aplicaciones y sus posibilidades comerciales han conducido al desarrollo de legislaciones para el patentamiento de plantas y animales transgénicos, productos derivados de la ingeniería genética, metodologías, etc., lo que ha provocado un intenso debate debido a las profundas implicaciones éticas y a las problemáticas creadas para el libre desarrollo de la investigación científica. La British Medical Association señalaba en 1991 con gran preocupación que “muchos investigadores científicos de universidades británicas consideran que las políticas de fondos del sector público han dejado a estas investigaciones en una condición de vulnerabilidad y bloqueo. En consecuencia han tenido temor de que cualquier sugerencia de que los dineros de los fondos pueden gastarse de mejor manera, pueda interpretarse como un argumento de que los fondos deben retirarse de este tipo de investigación científica y más bien redistribuirse en otros proyectos científicos”³⁴.

La llegada a la Ingeniería Genética que parece dar el dominio del hombre sobre la vida misma, se reconoce entre la sociedad científica como la “Nueva Genética”, y se erige, como se ha venido relatando, sobre el mismo plano en el que se llega a establecer ese otro gran logro de la biología: el Mapa del Genoma Humano. Ambos logros –Ingeniería y Mapa– constituyen, en mi opinión, el gran logro del reduccionismo en biología, pero es en realidad la falacia terminal de dicho reduccionismo,

^{33*} Ingeniería Genética es el conjunto de técnicas y métodos que se utilizan para construir moléculas de ADN recombinante y luego introducirlas en células receptoras.

³⁴B.M.A: 1991. The New Genetics. Closed circulation report. London. P. 23.

que en su aparente esplendor está mostrando la obsolescencia de la modernidad, vale decir, la imposibilidad de interpretar los fenómenos complejos –la biología entre ellos– desde la racionalidad de la física y la linealidad causal. Tres aspectos, entre muchos, cabe mencionar a este respecto. El primero, la pérdida de la perspectiva de la Ecología Global, una de cuyas manifestaciones más dramáticas, aunque maliciosamente ignoradas por el establecimiento económico entretenido con el formidable poder de acumulación de riqueza que este arsenal técnico ha puesto en manos de unas pocas transnacionales, es la gran destrucción de la biodiversidad mediante la creciente expansión de las semillas transgénicas. En segundo lugar, por ser estas en gran proporción semillas para la producción de alimentos y estar patentadas, se crea una insólita dependencia entre unas pocas transnacionales y la producción de alimentos para una proporción creciente de la humanidad. En tercer lugar, y como si el caso de la dependencia de la agricultura para la alimentación de unas pocas transnacionales, dueñas de las patentes, fuera poco, esto también implica depender de un costoso «paquete tecnológico», que esas mismas empresas producen para el mercado, con el argumento de poder garantizar al agricultor la obtención de «buenos rendimientos» en sus cosechas.

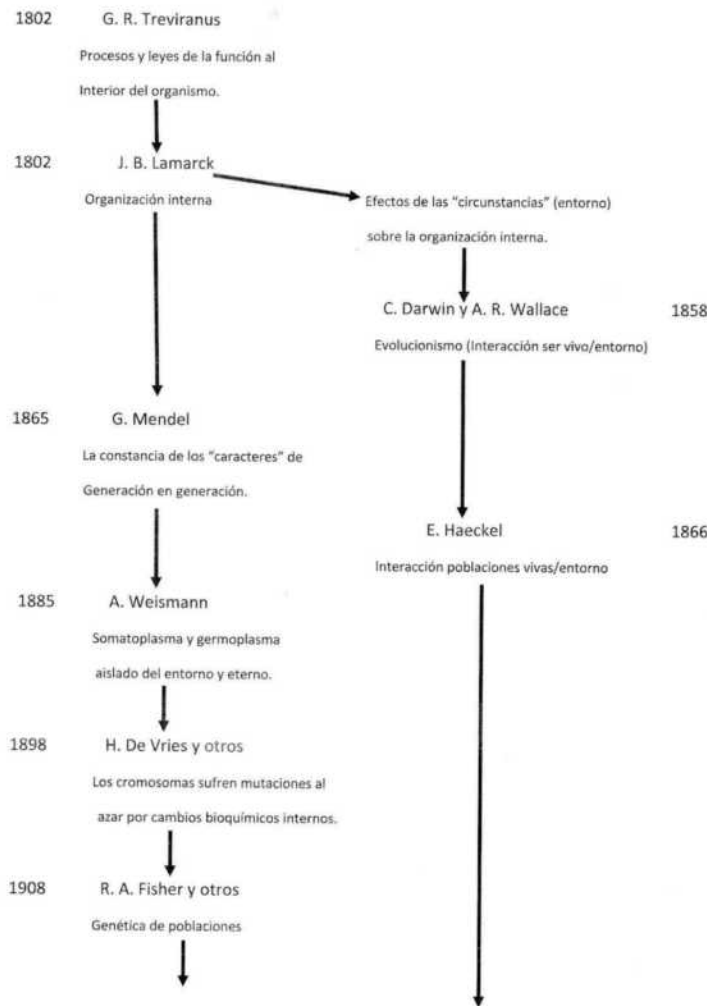
Un elemento adicional muy importante, no exactamente desde el ángulo puramente científico, sino desde el nivel de reacciones emocionales que convoca, es el de la eugenesia, que ha movido a pensar en crear una *master race*, lo que nos vuelve al recuerdo de los «arios» en el pensamiento Nazi. Teóricamente, desde la base de la ingeniería genética esto parece posible, pero desde el ángulo de la complejidad esto no se puede mirar más que como un sueño imposible, afortunadamente imposible, en tanto, muy probable-

mente desde la sistémica y la complejidad, cualquier intento estará seguramente plagado de desagradables sorpresas, explicables por la incertidumbre normal de los procesos complejos.

Esa riesgosa situación ha sido pensada por F. Fukuyama (2008) quien le da posibilidades reales desde la biotecnología, pero la condena desde la ética. De ahí que hable, si tal caso sucediera, del “Fin del Hombre”, para dar inicio a una “Historia Poshumana”³⁵.

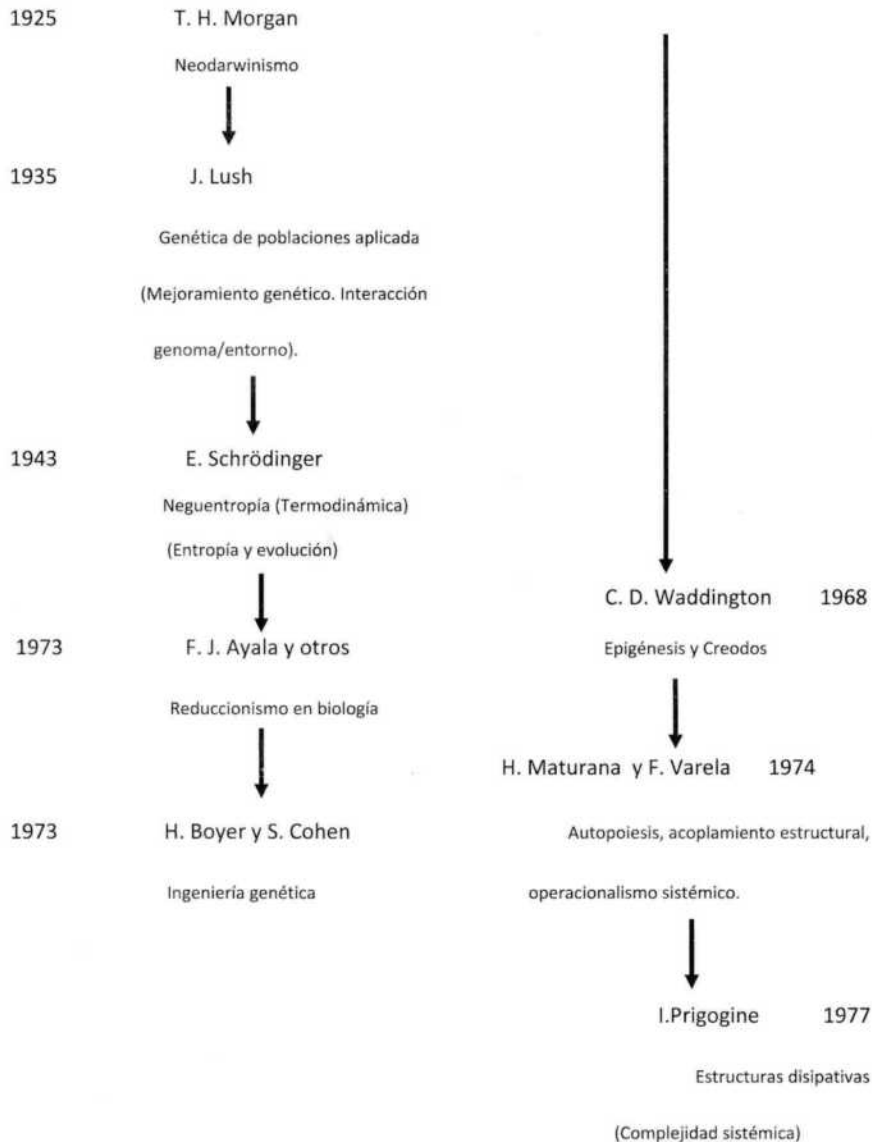
Frente a este panorama parece adecuado cerrar con una cita de R. Guerrero (1995): “Los últimos «accidentes» en la historia de la Tierra han sido la aparición de nuestra especie y la capacidad que ésta ha demostrado para alterar su entorno. Es posible que sea el accidente del que le cueste más recuperarse, ya que los humanos no cejamos en nuestro empeño de infligir a la Tierra un trato despiadado”³⁶.

BIFURCACIÓN DE LA BIOLOGÍA



³⁵F. Fukuyama. 2008. El fin del hombre (Consecuencias de la revolución biotecnológica). Ediciones B. (Sello Zeta). Montevideo.

³⁶R. Guerrero. 1995. Epílogo: De Microcosmos a Gaia. En "Microcosmos". L. Margulis y D. Sagan. Tusquets editores. Barcelona. P. 311.



BIBLIOGRAFÍA

Ayala, F. J., 1983. Introducción. En "Estudios sobre la filosofía de la biología". Trad. Por C. Pijoan R. Editorial Ariel. Barcelona.
 Bachelard, G. 1973. La filosofía del No. (Ensayo de una filosofía del Nuevo Espíritu Científico). Trad. Por N. Fiorito de Labruno. Amorrortu editores. Buenos Aires.
 B.M.A. 1991. The New Genetics. Closed circulation Report. London.

Coleman, W. 1983. La biología del siglo XIX. Trad. Por G. Guerrero. Fondo de Cultura Económica. México.
 Darwin, C. 1955. El origen de las especies por medio de la selección natural. Trad. Por S. A. Ferrari. Editorial Diana. México.
 Darwin, C. y Wallace, A. 1858. On the tendency of species to form varieties; and on the perpetuation of varieties and species by natural means of selection. Linnean society journal- Zoology. Vol. 3 (part 9).

Deléage, J. P. 1993. Historia de la Ecología. Trad. Por M. Latorre. Editorial ICARIA. Barcelona.

Fukuyama, F. 2008. El fin del hombre (Consecuencias de la revolución biotecnológica). Trad. por P. Reina. Ediciones B. (Sello Zeta). Montevideo.

Guerrero, R. 1995. Epílogo: De Microcosmos a Gaia. En "Microcosmos". L. Margulis y D. Sagan. Tusquets editores. Barcelona.

Jacob, F. 1973. La lógica de lo viviente. Trad. Por J. Senet y M. R. Soler. Editorial Laia. Barcelona.

_____ 1982. El juego de lo posible. Trad. Por J. Chabás. Ediciones Grijalbo. Barcelona.

Kauffman, S. 2003. Investigaciones. Trad. Por L. E. de Juan. Tusquets editores. Barcelona.

Kuhn, T. 1971. La estructura de las revoluciones científicas. Trad. Por A. Contin. Fondo de Cultura Económica. México.

Lamarck, J. B. 1971. Filosofía Zoológica. Trad. Por N. Vidal. Editorial Mateu. Barcelona.

Laughlin, R. B. 2007. Un universo diferente (La reinención de la física en la Edad de la Emergencia). Trad. por S. Jawerbaun y J. Barba. Katz editores. Buenos Aires.

Lewontin, R. C. R. C. 2000. Genes, organism and ambiente. Trad. Por A. L. Bixio. Editorial Gedisa. Barcelona.

Maturana, H. y F. Varela. 1990. El árbol del conocimiento. Editorial Debate. Madrid.

_____ 1994. De máquinas y seres vivos. Autopoiesis: la organización de lo vivo. Editorial Universitaria. Santiago de Chile.

Morgan, T. H. 1945. Embriología y Genética. Trad. Por F. Jiménez. Editorial Losada. Buenos Aires.

_____ 1949. La base científica de la evolución. Espasa-Calpe Argentina. Buenos Aires.

Morin, E. 1992. El paradigma perdido. (Ensayo de bioantropología) Trad. Por D. Bergadá. Editorial Kairós. Barcelona.

Morin, E. 1993. El Método. II. La vida de la vida. Trad. Por A. Sánchez. Ediciones Cátedra. Madrid.

Prigogine, I. 1993. La termodinámica de la vida. En ¿Tan sólo una ilusión? Trad. Por F. Martín. Tusquets editores. Barcelona.

_____ 1993. La evolución de la complejidad y las leyes de la naturaleza. En "¿Tan sólo....?"

Schrödinger, E. 1986. ¿Qué es la vida? Trad. Por R. Guerrero. Ediciones Orbis. Barcelona.

Waddington, C. H. 1976. Prólogo. En "Hacia una biología teórica". Editado por C. H. Waddington y otros. Trad. Por M. Franco. Alianza editorial. Madrid.

_____ 1976. Las ideas básicas de la biología. En "Hacia una"

Watson, J. D. 1974. Biología molecular del gen. Trad. por L. G. Durán. Fondo educativo Interamericano. Bogotá.



El ser no dura sino mediante el hacer, que lo ocupa

Roger Munier