

NEMÉTICA

HISTORIA DE DESENCUENTROS

Panta Rhei: todo cambia, decía Heráclito. Los clásicos latinos y las culturas orientales, tienden a entenderlo de modo cíclico y un Destino recurrente; las culturas occidentales, de modo lineal y progresivo... lo que ayuda a suponer un Destino objetivo. Al *Homo homini lupus* de Plauto, contestó airado Séneca con *Homo sacra res homini*. Saltaremos los matices encuentros y desencuentros romanos (Lucrecio), medievales (Ramón Llull), renacentistas (Baltasar Gracián,...),... así como los distintos enfoques de coexistencia con el Cambio, del animismo, el budismo, hinduismo,... hasta situarnos en La Ilustración, cuando Thomas Hobbes reinventa por enésima vez el debate *del hombre egoísta de Maquiavelo que hay que controlar, contra el hombre cándido de Jean Jaques Rousseau*.

En apoyo al último, Adam Smith publicó el *Tratado de los Sentimientos Morales* y años más tarde la *Naturaleza y Causa de la Riqueza de las Naciones*, para acabar justificando una tesis casi contraria y que ha sido fundacional para la sociedad moderna occidental. Thomas Malthus explicaba los “Límites del Crecimiento”, según la comparativa entre crecimiento proporcional de los recursos escasos disponibles y el crecimiento exponencial de la población. En el XIX, el revolucionario francés Pierre Joseph Proudhon adelantaba que *"La libertad no es la hija, sino la madre del orden"*; y enunció el Principio Federativo *"La noción de anarquía en política es tan racional y positiva como cualquier otra. Esto significa que una vez que la industria se ha hecho cargo de las funciones políticas, entonces las transacciones comerciales por sí solas producen el orden social"*. Mikhail Bakunin afirmaba que *"cosas y seres tienen dentro sus propias leyes"*. El patrón se repite y los anarquistas consiguen demostrar que el anarquismo degenerará inevitablemente en cosmos... espontáneamente en orden, convergiendo con la posterior fundamentación teórica del liberalismo radical, que a su vez, acaba a menudo en posturas anarquistas. El “Orden Espontáneo” se convierte en central para el pensamiento económico de la Escuela de Viena: *"La civilización descansa en el hecho de que todos nos beneficiamos de un conocimiento que no poseemos"*, (Friederik Hayeck).

En el inicio de las ideas eugenésicas, Thorstein Veblen publicó *"¿Por qué la economía no es una ciencia evolutiva?"*, contestado por Joseph Schumpeter con su **Destrucción Creativa**. Desde entonces los economistas han tomado ideas evolucionistas y han aportado dosificadamente conceptos como la Mano Invisible del Mercado, los Ciclos de Kondratiev, las Burbujas financieras, la Eficiencia de Pareto, la Tragedia de los Comunes, la Teoría de Juegos, la dinámica turbulenta,... Entre el s.XVIII y el s.XXI, los avances paralelos se han retroalimentado y mantenido las distancias. El lenguaje es herramienta para gestionar el tamaño del grupo: une y separa. La jerga científica une y separa paradigmas. La Economía se separó absurdamente de la Ecología y la Psicología, manteniendo una relación reticente con la Estadística y narcisista con la Sociología, para no volver a encontrarse hasta recientemente y a regañadientes, en una historia de desencuentros.

A mediados del siglo pasado, Isaac Asimov preguntó en formato novelado, en el X Congreso de Trantor del año 11.178, por boca de un doctor en hidráulica, si la historia es contingente: ¿Es la historia un Sistema Dinámico que puede ser completamente descrito por un menor grado de computabilidad que la Historia? Su respuesta fue la Psicohistoria, que en circunstancias normales puede modelizar con alta probabilidad la causa-efecto, pero que es imposible predecir un “Mulo”. (Nassim Taleb le ha cambiado recientemente el nombre a un “Cisne Negro”). En 1997 les dieron el Nobel de Economía a unos asesores financieros que en lenguaje matemático camuflaban a los tigres hambrientos como gatitos domésticos:

Fisher Black, Myron Scholes y Robert Merton. Los principios de su modelo -“anti-cisne-negro”-, eran tan falsos como convenientes: tranquilizaban a los que se estresan ante la varianza de una distribución estadística. La fórmula, calcada a la de la hidrodinámica turbulenta de Navier-Stokes, sustituye los términos no-lineales del “forzamiento” por la varianza, (equivale a sustituir el riesgo de que toque la lotería, por el cálculo de la rentabilidad de la lotería, con lo que no jugaría nadie). Su trampa en el solitario coló y en el año siguiente las pérdidas del fondo que gestionaban eran millonarias. Tres años después estaban arruinados y con ellos un montón de ahorradores, que habían creído en lo que no entendían por estar escrito en ecuaciones diferenciales. Aún hoy los asesores financieros siguen recomendando “carteras equilibradas” y hablando de “ciclos” (que viene a ser astucia de meteorólogos cuando predicen nubes, claros y posibles intervalos de lluvia, con presencia ocasional de viento). Los ciclos regulares se intercalan con saltos discontinuos, gracias a los que los procesos sintrópicos y localmente aislados, resuenan y sintonizan con el entorno.

La indeterminación del futuro crea el nicho para videntes,... pero aunque sigan dándose premios, bulas y misas, “hay cambio donde no cabe mudanza”, ya no hay ciclos... sino que todo fluye en la turbulencia (que sí da vueltas, pero desplaza en perpendicular). Ha sido necesaria una cura de humildad tras los últimos fracasos predictivos. La Economía racionalista se ha visto en la obligación de negociar con la Psicología (Daniel Kahnemann, Amos Tversky, Richard Thaler,...), la Complejidad (Instituto de Santa Fe) y la misma Teoría de la Evolución. Se ha acabado: una vez superado el racionalismo radical, la Economía y la Historia están convergiendo hacia un espacio común con otras ciencias del Caos.

HISTORIA DE BANDAZOS CONVERGENTES

Por suerte, la Teoría de la Evolución ha funcionado como hilo conductor inclusivo, de ámbitos de la ciencia que comparten mucho más de lo que sus jergas quieren admitir. Al amparo de las teorías económicas y del Caballero Jean Baptiste Lamarck, en época de exploradores y desarrollo de la Historia Natural, se preparó el ambiente en el que Alfred Wallace y Charles Darwin por un lado, Louis Pasteur (*Omne vivum ex vivo*) y Gregor Mendel por otro (aunque no se redescubriría por de Vries, Correns y Seysenegg, hasta décadas más tarde), propondrían sus ideas. También eclosionaron las dialécticas de Kant, Hegel o Marx, que como la economía, entendían el proceso histórico como evolutivo. La unidad era el Individuo, la herencia fenotípica, la variabilidad ambiental, la selección competitiva y la escala, temporal.

El error de Darwin, que más que opuesto, como lo hemos posinterpretado, era “reformista lamarckiano”, fue suponer unas unidades llamadas “gémulas”, entendiendo la evolución como un modo de desarrollo. Su teoría pangénica fue corregida con el *Posdarwinismo Celular* a través de los cromosomas y la mitosis, por August Weismann, construyendo una primera versión incorporando la diferenciación entre células germinales y somáticas en unidades celulares: La herencia por “determinantes” (exclusivamente germinales), que permitían una inmensa variabilidad combinatoria por meiosis, con selección competitiva sexual (no tanto el que mejor sobrevive, sino el que más se reproduce) y la escala celular.

La reacción lamarckiana, rescató el debate propuesto consecutivamente por John Locke, David Hume y Stuart Mill, -lo que entonces llamaban “Caja Vacía”, que en el s. XX Stephen Pinker rebautizó como “*Tabula Rasa*”-; contra el que George Romanes, Francis Galton, Herbert Spencer, Piotr Koprotkin,... construyeron con distintos enfoques y propósitos, ampliando la escala. Douglas Spalding introdujo el análisis darwinista en la psicología a través del estudio de los instintos, que otros como Ivan Pavlov,

ampliaron a las emociones, comportamientos, habilidades,... estableciendo estadísticas de inteligencia por raza, sexo, clase, familia,... incluso relacionando rasgos y expresiones con propensión al alcoholismo o a la delincuencia.

A pesar de las advertencias de Thomas Huxley y Mark Baldwin, la frenología degeneró por todo el mundo occidental, (nórdicos, británicos, estadounidenses, tenían programas eugenésicos antes que los alemanes, aunque como ganaron la guerra, corrieron un tupido velo); a las clases sociales como sujetos de una dialéctica en algunos aspectos darwinista y a los nacionalismos (justificaciones mitológicas de una identidad colectiva). Si bien el *Darwinismo Social* se considera un único “framework” teórico, para unos las unidades eran la clase, para otros la raza, la familia,... y el enfoque ha seguido afectando históricamente al mundo de las Naciones, desprestigiándose y prestigiándose según intereses políticos, vencedores y vencidos. La variabilidad era fruto de una dialéctica histórica, se incorporó la posibilidad de selección por colaboración y la escala fue socio-histórica.

La complementariedad entre el ultra-darwinismo de Weismann y la genética de Mendel, incorporando la paleontología, la anatomía, la organización taxonómica de la biología, la inmensa información aportada por los microscopios, actualizó en el periodo de entreguerras -en el que la eugenesia seguía independientemente su camino-, en lo que se ha denominado la *Síntesis Moderna*. Se definieron términos como Evolución, Gen, Alelo, Mutación, Genotipo, Fenotipo, “Fitness”,... y las unidades de la evolución regresaron a la biología y al individuo, así como las leyes de su heredabilidad, que se comenzaron a establecer sistemáticamente. La variación se producía por combinación aleatoria de alelos y mutaciones. A pesar de ello seguía sin conocerse el mecanismo de la herencia germinal, la traducción del genotipo al fenotipo y los comportamientos altruistas resultaban inconsistentes.

Antropólogos, sociólogos, adoptaron el enfoque evolucionista y tomando como referencia el comportamiento comparado de los animales, así como el enfoque cultural como preminente de Franz Boas y sus alumnos, sobre el determinismo biológico (“nurture”), Konrad Lorenz y Nikolaas Tinbergen, establecieron la Etología como elemento central de los análisis de la evolución del comportamiento humano. Los modelos de las abejas, las hormigas, las ratas, las manadas de herbívoros, las jerarquías carnívoras, los clanes de monos,... en su propio ambiente, así como las descripciones costumbristas de tribus sin apenas contacto con la civilización, construyeron la *Etología Humana*. Instinto e inconsciente convergían y se utilizaban para explicar desde la unidad de tribu o manada, la herencia cultural (el comportamiento instintivo contradecía la diversidad individual), la variabilidad en la educación y transmisión de los conocimientos. A través del parentesco William Hamilton establecía mecanismos darwinistas para explicar el sacrificio, el altruismo, la agresividad,...

Mientras, la publicación de la estructura del ADN por Rosalind Franklin, James Watson, Francis Crick y Maurice Wilkins, había dado con el mecanismo de herencia genética y el modo en que la variabilidad podía ser dirigida por mutaciones ciegas, que resultaron ser más abundantes y frecuentes de lo esperado, insistiendo en el dogma central unidireccional germinal-somático, aunque la hipótesis nuclear se relajó. Con el *Darwinismo Molecular*, el precio fue la reducción del Gen a un simple código de construcción de proteína y la abundancia de “basura” (información no protéica). El desencuentro entre la biología y la sociología no compartía la unidad de información, ni sus mecanismos de transmisión y variabilidad, recluyendo a unos y a otros en espacios y escalas de tiempo excluyentes.

Hasta ahora, los enfoques biológicos y sociales habían ido incorporando matices y evolucionando en paralelo, y en plena efervescencia genética, en 1967 Desmond Morris se incorporó al debate con “El

Mono Desnudo”, con una aproximación etológica especulativa sobre las condiciones ambientales en las tribus humanas del Pleistoceno. Noah Chomsky publicaba entonces sus ideas sobre la Gramática Universal. George Williams, Robert Trivers, William Hamilton y John Maynard Smith, renovaron el enfoque etológico con la *Sociobiología*, Edward Wilson extendía la conceptualización de Gen a unidad de información también de la cultura y ofrecía la reconciliación. Se describieron con detalle los mecanismos de Selección Natural por Parentesco, el papel de los conflictos y de la cooperación. Los paleontólogos Niles Eldredge y Stephen Jay Gould proponían el *Equilibrio Puntuado*. Enfocada a la convergencia entre comportamientos animales y humanos, en 1976 Richard Dawkins popularizó la propuesta del *Gen Egoísta* como unidad evolutiva, para el que el individuo es meramente un vehículo en su mecanismo de trascendencia. Siendo paralelos, lo que en apariencia parecía un desencuentro, incluso a nivel personal, resultó ser lo contrario, pues del concepto de *Biología Evolucionista*, surgió también el de Meme, como unidad genética social, que se ha utilizado de modo combinado con los saltos evolutivos.

En esa ebullición de ideas tan enfrentadas como complementarias, Marcus Feldman y Luca Cavalli-Sforza, siguiendo la tendencia análoga que se estaba desarrollando en Ecología y Economía, propusieron modelos informáticos de simulación de interacciones entre genes biológicos y genes culturales. Las matemáticas y la informática entraban con fuerza a dar su opinión (Robert Boyd y Peter Richerson), poco compartida por dificultades de las jergas. A su vez la lingüística reclamaba sus genes gramaticales. Tras la digestión de tantas aproximaciones, y al tiempo que se definía la Genética como ciencia independiente a nivel de la Biología Molecular, a finales del siglo pasado, la convergencia entre la Psicología Evolutiva y la Memética, propuso la *Coevolución Gen-Cultura*, como nuevo paradigma enfrentado a la Sociobiología. Buena respuesta a una mala pregunta, pues se hizo en el estilo de enfrentamiento que llevaba décadas impregnando el debate.

El hito de la secuenciación del genoma humano, fue frontera psicológica y final de un clima de enfrentamiento entre complementarios. Desde principios de siglo, el Framework Multidisciplinar avanza con relativa parsimonia y a la vez interdisciplinariedad con aportaciones como la epigenómica (mecanismos de relación gen-entorno), proteómica,... comenzando a dejar en la cuneta los planteamientos que no estén formulados en lenguaje de simuladores informáticos, criterios económicos y las 4C's (complejidad, caos, catástrofe y cibernética).

HISTORIAS PARALELAS

El taoísta Chuang-Tzu, ya en el siglo IV a.c.: "*El buen orden resulta espontáneamente cuando se dejan las cosas a sí mismas*". En Grecia, por esos mismos tiempos, Solón intuía el concepto de amplificación de una bifurcación y opinaba de la calamidad, que como el fuego, de un acto minúsculo obtenía una consecuencia mayúscula. En el s.XIV Ibn Jaldum aplicó el modelo predador-presa, en el que no hay una solución sino muchas, de las que solo una existe a la vez, que hoy interpretamos como atractor de ciclo límite. La "hybris" de los gobernantes -soberbia- en su relación con la "asabiyyah" del pueblo -responsabilidad o compromiso social-, que generaba una "nemesís" o "emergencia", de estos ante la decadencia de los primeros; reiniciándose un ciclo en el que se intercambiaban los papeles

Crítico de sí mismo, a Isaac Newton no le cuadraban unos pequeños detalles: ¿cómo podía gravedad a distancia sin acción y reacción? y su "Problema de los 3 cuerpos": las interacciones entre dos masas se calculan sencillamente, pero si se quiere hacer lo mismo con 3 cuerpos, se complica de forma exponencial. Hacerlo con todos los cuerpos del Sistema Solar, se convirtió en un imposible. El paradigma determinista de Laplace imperó por falta de contrincante, ya que nadie sabía como afrontar semejante

necesidad de proceso, hasta que Aleksandr Lyapounov, Henri Poincarè y otros a principios del siglo pasado, determinaron que el problema era intrínseco a los Sistemas, que todavía eran “complicados”.

Por otro lado, Leonhard Euler había planteado sus propios problemas: el de los puentes de Königsberg; que llevó a iniciar la Teoría de Grafos. Se utilizó para la cartografía, la estadística, la química,... hasta que la gestión de la interconexión de las comunicaciones y redes eléctricas, la necesitaron. Con la informática de forma natural, convergió desde el principio hasta su explosión como rama de entidad propia a finales del s.XX, de la mano de Internet y las Redes Sociales, pero también, de modo más discreto como herramienta de entender una sociedad global cada día más compleja.

Con la Revolución Industrial, los ingenieros necesitaron comprender las relaciones entre calor y trabajo. Sobre trabajos previos de Otto von Guericke, Robert Boyle, Denis Papin, Thomas Savery, Daniel Bernouilli, James Watt, Antoine Lavoisier,... se le atribuye a Sadi Carnot el inicio de la Termodinámica. Un sistema termodinámico es un sistema que requiere de energía —materia, energía, información— que es dependiente de un entorno y cuyo dilema fundamental es el equilibrio. Al ampliarse la explicación del comportamiento de los gases y en concreto de las máquinas de vapor, con los mecanismos eléctricos, tras otra serie de nombres inevitables (Germain Hess, William Rankine, James Prescott Joule, William Thomson), esta rama derivó con James Maxwell, Rudolf Clausius, Max Planck, Ludwig Boltzmann, Josiah Gibbs,... en la Mecánica Estadística.

La teoría cinética de los gases se complementa con las teorías de la mecánica estadística, las cuales aplican reglas estadísticas para los conjuntos de átomos y moléculas. En 1910, el historiador Henry Adams expuso una teoría de la historia universal basada en la segunda ley de la termodinámica, la Entropía. No era la primera vez que se intentaba aplicar las leyes de las ciencias naturales al devenir histórico de la Humanidad. Aseguraba que el desorden y la decadencia de las sociedades modernas no eran sino consecuencia del mismo proceso de disipación de la energía previsto por la segunda ley de la termodinámica y cuya fatal irreversibilidad había sido denominada “la muerte térmica del universo”. Las analogías económicas (Nicholas Georgescu-Roegen) y ecológicas (Ramón Margalef-López) ya incorporaban dinámicas evolucionistas en sus ecuaciones y modelos de simulación.

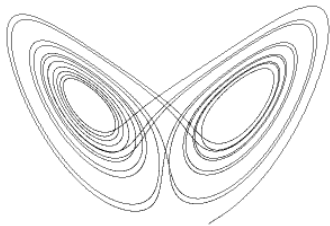
En los años 20 John Stuart Mill, Samuel Alexander, Lloyd Morgan, Charles Dunbar Broad,... entre otros, disertaban sobre la organización de los sistemas, en lo que se llamó Emergentismo. Una ley, característica o propiedad no poseída por las partes constituyentes de un sistema, emerge con el incremento de su complejidad, más allá de un punto crítico del desarrollo de las relaciones entre sus variables y difuminación, y creación y diversificación de nuevas, en una situación próxima al límite del caos, en el “desequilibrio controlado”. El punto de rotura o borde de inestabilidad -transición de fase-, tiene la ventaja de presentar variedad de opciones que permiten la comunicación con el entorno y adaptabilidad a cambios del contexto. El nuevo sistema será impredecible, tendrá un conjugado irreducible en sus atributos, divisible en sus vórtices, recurrente y autosimilar. Una rueda tiene una realidad distinta a la de los puntos de su circunferencia, es una o dos o tres,... pero no puede ser media rueda y rodar,... y su realidad emerge del continuo de puntos de su circunferencia.

Al estar limitados en la capacidad de pruebas físicas, con el Proyecto Manhattan se definieron las bases de la modelización de los Sistemas y se crearon nuevos métodos matemáticos (John von Neumann y Stanislaw Ulam). Durante la Guerra Fría se intensificó el uso de la simulación para resolver problemas de interés militar; trayectorias y dinámicas de satélites artificiales, guiar misiles, etc. Muchos de estos problemas exigen la resolución de sistemas de ecuaciones diferenciales no lineales. Se comenzó a

disponer de herramientas informáticas para modelar sistemas y se desarrollaran los programas perceptores -identificadores automáticos de patrones-, aplicados a simulacros holísticos desde la selección natural, al tráfico, la política -Modelos Formalistas-Idealistas-, logísticas de distribución, oligopolios -Modelo Cournot-, comportamiento social -Modelo Axelrod-, hidrodinámica, precios,... emergiendo en los simulacros propiedades autoorganizativas, universalidad, equilibrios inestables, extinciones,...

Para otros problemas, relacionados con la estrategia militar y la destrucción mutua garantizada, John von Neumann, esta vez con Oskar Morgenstern, se plantearon las tablas de decisiones como soluciones de compromiso no ideal desde una nueva perspectiva, la Teoría de Juegos. Casi inmediatamente la Economía recogió el guante, con matemáticos como John Nash, y se aplicó a la biología, sociología, politología, psicología, filosofía, las redes y computación.

Lewis Richardson, objetor de la guerra pero voluntario de ambulancias, propuso un primer simulacro atmosférico matemático que resultó un fiasco y dijo necesitar 64.000 matemáticos para calcular el tiempo para el día siguiente en todo el planeta. En el Desembarco de Normandía la predicción del tiempo modelizada le dio resultados equivocados... cuando ya habían desembarcado. Parecía que se iban a resolver los sistemas complicados a base de incrementar la capacidad de computación, pero un matemático metido a meteorólogo que intentaba utilizar esta aproximación, Edward Lorenz, llegaba



tarde a un café y ajustó los decimales para acelerar el resultado de la computación, obteniendo resultados muy distintos. Se dio cuenta que no era lo mismo complicado que complejo y presentó sus conclusiones en un congreso de meteorólogos, “la hipersensibilidad a las condiciones iniciales”, pero se olvidó de poner título a su ponencia. Por la forma del gráfico que presentaba su “atractor” se le llamó el Efecto Mariposa y

cuando fue redescubierto años más tarde, abrió toda una nueva rama de la ciencia: la Complejidad.

Retomando la paradoja de Epiménides, Kurt Gödel había demostrado en los 40 los límites de nuestra capacidad de conocer la Realidad: la *incompletitud*. Para Alonzo Church, ni siquiera es posible decidir si ciertas proposiciones son demostrables. La inverificabilidad de Karl Popper ya había diseñado como obviar la imposibilidad de demostrar la Verdad. Alan Turing, definió números no computables en una secuencia finita de operaciones. Tendemos a referir el cambio de paradigma de la física a la Geometría no-euclídea y el Álgebra no-conmutativa, buscando avances en la convergencia de ambas, cuando se gestaba una más profunda reconsideración de Todo en la Estadística del no-equilibrio.

En climatología, que sí leyeron desde el primer día la noción moderna del Caos, todavía no lo han entendido. Con los economistas comparten el privilegio de obviar cisnes y mariposas, de despejar teorías científicas molestas a conveniencia, y poder meter la pata pronóstico tras pronóstico -a menudo por insistir en modelos estadísticos deterministas para sistemas inestables de alta varianza-, y no por un error garrafal de concepto, sino por no adecuarlos al deseo de su público, lo que es más fácil de prever, no reconocer su limitación y no perder el prestigio... ni ensuciar la fuente de la que mana fondos sin parar.

La década de 1970 fue el boom del Caos. David Ruelle y Floris Takens propusieron una nueva teoría para la turbulencia de fluidos basada en un *atractor extraño*. Años después el ecólogo teórico Robert May encontró ejemplos de caos en dinámica de poblaciones usando la ecuación logística discreta. A continuación llegó el más sorprendente descubrimiento de todos de la mano de Mitchell Feigenbaum:

las *Clases de Universalidad*, o conjunto de “leyes de potencias” universales, que diferencian la transición entre el comportamiento regular y el caos, por tanto, es posible que dos sistemas evolucionen hacia un comportamiento caótico igual con independencia de si son partículas, átomos, moléculas, individuos o sociedades. Fue una prueba del 9 de las aproximaciones termodinámicas realizadas con modelos de simulación por ordenador de la economía, la sociología o la ecología.

A partir de la *Década del Cambio* de los Framework, los 70, en la que la *Economía Conductual*, la Neurociencia, la Termodinámica, la Estadística, la Informática y las Matemáticas -en plural-, comenzaron a meterse en el nicho de los bioquímicos, biólogos, antropólogos y sociólogos, en tiempos en los que los sociobiólogos pugnaban con los bioquímicos y se enfrentaban en un antagonismo absurdo, las distintas tendencias sociales (gen-cultura, memética, genocentrismo, coevolución, autodomesticación, adaptacionismo,...), neurocientíficas y epigenéticas (estructurales, poslamarkistas,...), la Teoría de la Evolución fue asaltada por científicos con otras cajas de herramientas. Los matemáticos entraron en el juego al hacer converger las Redes, los Sistemas, la Mecánica Estadística, los simuladores, la teoría de la información, la informática, el Caos y las teorías de juegos de suma no-cero.

En la construcción de una casa el arquitecto, el albañil, el electricista y el fontanero, trabajan con cajas de herramientas distintas para un mismo fin, sin que sobre ninguna y, aunque a menudo discutan, sin que prescindan unos de otros. La Teoría de la Evolución, como no, es un fenómeno emergente sin planos y tiene sus tempos. En las últimas décadas se han ido integrando estos mundos dispares y en esas andamos. En construcción con cada uno intentando hacerlo todo con sus herramientas, mientras desprecian las cajas de los demás.

SIMULACROS Y TEORÍA DE GRAFOS

En *Investigación Operativa*, rama de la matemática que habla de optimización, eficiencia, eficacia y constructualidad, el Algoritmo de Dios, o en su versión de grafos, TSP o “Problema del Viajante”, es el mínimo número de pasos en un proceso que media entre dos estados. Sus técnicas de resolución se aplican desde enrutamiento de los servidores en la web, al movimiento de las abejas (ACO), y las soluciones biológicas son en referencia a ello, chapuzas oportunas, resilientes y convergentes, pero no óptimas. También llamado “problema del taxi” en geometría diferencial, equivale al cálculo de microestados óptimos de entre todos los posibles en un “random walk”, y la realidad no tiene tiempo para ensayar todos los caminos y elegir el óptimo, así que se queda con el primero suficientemente bueno para el tiempo de prueba del que dispone para elegir, y si otro sistema toma otra decisión mejor, actuará la Selección Natural: a la ineficiencia energética que dista entre esa decisión y la mejor posible, lo llamamos Entropía. El número de estados óptimo, de mínima longitud, se puede calcular como permutación con repetición, respecto al número de estados de cada longitud recorrida por el taxi entre dos puntos de una ciudad cuadrículada. Para cada longitud o gasto en combustible, habrá un número de caminos también calculable. La realidad no piensa, sino que ensaya, y ensayará con más probabilidad las configuraciones más abundantes, no las mejores.

Las redes bioquímicas forman parte de la formulación del Darwinismo Molecular y ya están integradas en la Teoría de la Evolución (aunque restringidas a un concepto estructural y estadístico). Las estructura de las redes condiciona la holística y no constituyen una solución unívoca a una configuración de partida: son soluciones variadas, todas válidas, para un mismo problema. Múltiples redes pueden representar por igual una solución equieiciente a un mismo dilema: en la realidad solo puede imprimirse una. Su variabilidad es intrínseca y no aleatoria, sino Markoviana (cada paso depende del

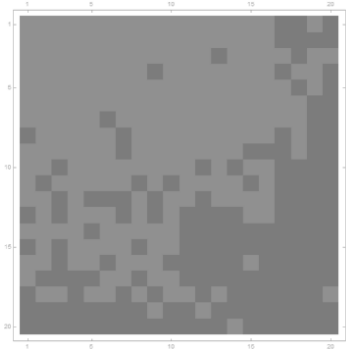
paso anterior). Soluciones indeterminadas que pueden ser tratadas estadísticamente como equivalentes resultan efectos diferentes. Se han hecho habituales configuraciones como las aleatorias, “minimundo” (relacionales) o “libres de escala” (virales), aunque hay muchas más. La herramienta básica es así una estructura de interacciones en vez de un punto abstracto, sobre la que simular:

1. Estadística de las interacciones: matrices de relación entre variables, “clusterización”,...
2. Sesgos externos o internos: pesos específicos, criterios de imitación, memoria, asimetría,...
3. Ecuaciones diferenciales: dinámicas causa-efecto (con o sin ruido, blanco o de color)
4. Dinámica caótica: Clases de Universalidad, formación de patrones, cambios de fase,...
5. Tablas de decisión: obtención de pseudoequilibrios locales interinos

Particularmente útil para la Teoría de la Evolución ha sido extender las Redes de 1 a 2, aunque en las últimas décadas se está ampliando su aplicación en los casos 4 y 5 con la Emergencia y los cambios bruscos; la variabilidad como probabilidad condicionada (Bayesiana, no aleatoria); y la dependencia principal de la imitación y el “pay off”. Tomando la Red equivalente del Gen, la variabilidad queda así redefinida, pero antes de entrar en Complejidad, aporta otras soluciones a paradojas de la Evolución.

Con el “pay off”, la eficiencia, la expectativa de beneficio, la escasez de recursos,... la Economía se repostula -ya estaba incorporada desde Adam Smith-, como perspectiva nuclear, en la Teoría General *transmisión-herencia-variabilidad-selección*. Si bien el concepto de interés individual, en sentido estricto, fue racionalista en los experimentos psicológicos, en un sentido amplio la economía conductual redefine y distingue por escala de tiempo en la que se toman las decisiones entre: emocionales (programadas por la biología), irracionales (autoprogramadas en el desarrollo y/o experiencia) y racionales (reconsideraciones, justificaciones e inhibiciones). Imitación e interés son así medibles en moneda, conceptualmente transformada según diferentes tipos de cambio según la cultura, en justificaciones racionales, valores e instintos.

La decisión de ir al cine es un fenómeno emergente, como no, de múltiples tablas de decisión a diferentes escalas en las que se da valor al estado de ánimo, al coste de oportunidad, a las emociones que se tienen o se buscan, al precio de la entrada, a la pereza, el aburrimiento, la interacción social,... Lo que complica la simulación informática de los juegos. Aun así, utilizando el método habitual reduccionista, sesgado por la farola, en la penumbra de las causas holísticas-efectos estadísticos, el enfoque relacional ha aportado revisiones básicas de la Teoría de la Evolución.



Las simulaciones de juegos sobre redes no-caóticas, demuestran el altruismo como fenómeno emergente independiente de cualquier otra configuración que el interés de cada agente de la red en incrementar la eficiencia de su estrategia en términos de “pay off”. En una simulación de elaboración propia, con una paleta de juegos de “gallina”, “ultimátum”, “prisionero” y “cazadores”, comportamientos decididos como altruistas pueden dar lugar a sociedades insolidarias (en oscuro), así como de decisiones egoístas se obtienen sociedades solidarias (en claro), solo depende de los criterios de imitación (aprendizaje social), de la memoria de la eficiencia de anteriores estrategias y del beneficio:

La moneda puede ser material o espiritual, inconsciente o racional y los “pay off’s” pueden tenerse por iguales o diversos, pero sea la decisión de un electrón por ocupar un nivel o la de un ciudadano para

votar, el comportamiento poblacional será modelable en alguna *Clase Universal*. Pueden introducirse sesgos en el ruido de colores, aleatoriedad, asimetrías, empujando hacia más claro o más oscuro el mapa, incluso encontrar puntos de inflexión o cambios de fase, que lleven a la “muerte térmica” (todo claro) o a la “catástrofe” (todo oscuro), pero inevitablemente la solidaridad emerge y se estabiliza. La colaboración es un modo emergente de competencia por los recursos escasos, una decisión individual de eficiencia, no una decisión estratégica de comportamiento.

LAS PROPIEDADES DE LA COMPLEJIDAD

La realidad no es complicada -multilineal-, sino compleja -no lineal-. Lo complicado es computable, lo complejo no. Nada tienen que ver ambos términos. Por analogía con la Gestalt, “*El todo no es la suma de las partes*”. Cada variable añadida a un modelo causal incrementa exponencialmente la complicación, hasta ser mayor incluso que la cantidad de información del propio Universo. Ello implica la impredecibilidad causa-efecto experimento a experimento, pero sí de un conjunto suficientemente representativo de experimentos. En física determinista un golpe a una bola define su trayectoria; en física caótica una bola golpea a otra bola y sucesivamente, ... la trayectoria sería la de una bola en una máquina de “pinball” tras darle con el “flipper”. Si en cada colisión hay que recalcular la influencia de todos con todos, en pocas decenas o centenares o millares de eventos, al ser ello el exponente, se llega a la inconmesurabilidad.

El cosmos puede cambiar de fase al caos, como el caos puede converger al cosmos: técnicamente define un sistema en el que de soluciones fijas -puntos y ciclos límite- pasa a soluciones transitorias en las que se evolucionaba por “saltos” o “dislocación”, para converger en un estado subarmónico de soluciones. El paradigma determinista va cediendo, pero los científicos son humanos y también se enrocan ante los cambios en sus prejuicios. Como además era ruso, y a pesar de que las reacciones químicas son reproducibles en el laboratorio, cuando mostró su reacción autosostenible y dinámica, a Boris Belousov no le creyeron hasta muchos años después.

Un partido de fútbol tiene condiciones iniciales y reglas perfectamente conocidas, y no por ello podemos predecir el resultado de un encuentro. A diferencia de los sistemas aleatorios -la lotería-, en el desarrollo de los sistemas dinámicos no-lineales o adaptativos complejos -la turbulencia-, la unidad, el árbol, no importa, y la finalidad no es la predicción, sino la descripción de los patrones que emergen en el bosque. No es lo mismo la sensibilidad a las condiciones iniciales -en el que además hay grados-, que el olvido de las condiciones iniciales -en el que también hay grados-. En el caos determinista, tan complicado que es aparentemente aleatorio, por definición existe una estructura subyacente de orden. El que sea demasiado compleja para ser pronosticable, no significa que no sea un sistema estructurado a su modo y emergerá el orden indeterminado que lo determina. En el olvido, no será la información conservada, sino la convergencia de trayectorias de soluciones más probables, de la que surgirán patrones probabilísticos.

La misma causa no produce siempre el mismo efecto, sino una distribución estadística de efectos, en lo que se denomina **Fenómeno Emergente**, del que no se puede reducir la trayectoria de relaciones intermedias causa-efecto, por inmensa que sea la capacidad computacional disponible. Desde este paradigma, la consciencia es un fenómeno emergente de la dinámica de las redes neuronales, la memoria es un fenómeno emergente, la percepción, las emociones, el latido del corazón, una gripe, una decisión, el comportamiento tribal, los eventos históricos, el lenguaje, una nueva especie, la crisis del 2008, el uso de herramientas líticas, la bipedia, la guerra, ... procesos impredecibles e incognoscibles caso

a caso, manifestados como patrones al considerar muchas veces la misma relación -sea en muchos casos o en el mismo caso, muchas veces-, pero explicables al recorrerse la trayectoria de acontecimientos a la inversa.

Hay excepciones, en los que un gen sintetiza una proteína, una bala de cañón acierta en el blanco o el pago de un servicio ofrece el resultado pactado, y sobre ellas hemos construido la ciencia de la causa-efecto. Nos hemos acostumbrado a pensar en términos de que un plano produce con recursos algo complicado, o que de algo complicado, se pueda dibujar un mapa. El sesgo reduccionista de generalizar la anécdota, por ser lo único suficientemente cognoscible para poder ser medido, nos hace ver el mundo a la luz de las pocas farolas encendidas -laminas- en un descampado inmenso y variado -turbulento-. Ayuda a comprender, imprescindible, sí, pero sin contextualización nos lleva a análisis parciales e incompletos... al "Pensamiento Mágico" (los efectos tienen causas cognoscibles), esencial en la evolución de nuestra especie.

Las propiedades matemáticas del Caos, consecuencia de teoremas y corolarios, dependientes de los axiomas, pero nunca de la consistencia del relato, la oportunidad de los criterios, la estética de las opiniones o el prestigio de los autores, de buenas o malas interpretaciones:

1. determinista (hay orden, el azar puede añadirse, pero no es esencial),
2. ubicuo (es la norma, la excepción es la relación lineal),
3. irreversible (el camino hacia el futuro, puede recorrerse a la inversa de mil maneras)
4. cuasiperiódico o recurrente (todo vuelve, pero nunca exactamente),
5. resonante (retroalimentado, coevolución causa-efecto),
6. al mismo tiempo autorreferenciable (reiterativo),
7. autosimilar (simetría dentro de una escala, conformando patrones emergentes),
8. libre de escala (aplica igual a cualquier escala espacial o temporal, "ergodicidad" y "fractalidad"),
9. a la vez con dimensionalidad fraccionaria (la longitud de la costa de Mallorca, depende de la escala del mapa),
10. irreducible (la información depende de la interacción entre los agentes),
11. universal (aplica a señales láser del mismo modo que a las turbulencias en el agua, al enamoramiento, al clima o al mercado de valores),
12. con cambios bruscos (cambios de fase de hielo a agua, de visto a no visto),
13. resistivo (ahora está de moda resiliente) o catastrófico (divergencia),
14. hipersensible (mínimas modificaciones pueden causar máximas repercusiones y una patada en la ingle, tal vez ninguna reacción por parte del afectado).
15. entrópico (la información se sobrescribe hasta el olvido de las condiciones iniciales)

No hay que confundirlo con el azar, la incompletitud, la indeterminación, la falta de información o el ruido. Su lenguaje es el de la informática, los grafos, las probabilidades y la estadística. La linealidad causa-efecto es la excepción.

EL PARADIGMA NEMÉTICO

En las revoluciones relativista y cuántica, el escenario se incorporó al relato -espacio tiempo y observador-, en la revolución evolucionista, lo mismo: el entorno a la información y el código. Al conseguir dominar el lenguaje musical, la música pasó del Quatrivium al Trivium, de "ciencias" a "letras",

y el nuevo lenguaje matemático de la Evolución, en el s. XXI, obliga a desplazarlo del *Trivium* al *Quatrivium*, aunque el sistema académico es reticente por la dificultad del lenguaje matemático para biólogos, químicos, psicólogos, neurocientíficos, antropólogos, lingüistas, sociólogos, informáticos,... (también lo es la jerga médica, pero no por ello la mayoría nos convertimos en “alternativos”,... o la jerga bioquímica de la misma Teoría de la Evolución, no nos hace creacionistas).

El Framework contemporáneo de la Evolución es un fenómeno emergente, como la mayoría de paradigmas, al incorporar las redes de la economía y las matemáticas de la complejidad. Está definido aunque no compartido por todos los afectados, pues estos no comparten el lenguaje matemático, ni la computación, los últimos incorporados a la fiesta. Por desgracia está dividido en tres jergas: clásica-económica, bioquímica y matemática. Para referirnos a ello, lo llamaremos *Nemética* (por analogía desde las Redes, -Network-, y los genes, haciendo de paso un guiño a la memética). No será reconocido internacionalmente por su difusión, como no es reconocida la Nemética entre los afectados por sus propias limitaciones en el lenguaje, pero el que supo combinar y divulgar mejor tal coctelera como Framework Integrador, que no integrista, entre los paradigmas de la Economía, la Neurociencia, la Ecología, la Bioquímica, la Termodinámica y la Estadística de la Complejidad, fue Eduard Punset. Alguien del mundo anglosajón se apuntará ese mérito agregador para la historia, cuando los científicos evolucionistas salgan del confortable Trivium y los científicos parapetados tras sus jergas, se integren en algún paradigma del lenguaje que John Brockman llamó la “*La Tercera Cultura*” (cajas de herramientas comunes, o al menos prestándose unos a otros). No hay convergencia sin paradigma compartido.

Del concepto genérico de Gene de principios del s.XX, como unidad de transmisión de la herencia, se redefinió a una unidad bioquímica de codificación de proteínas. Desde el resto de enfoques no moleculares, sigue teniendo la antigua significación, y más amplia si cabe será en la Nemética. Por la generalización del concepto de gen, pagamos el precio de la concreción y no unicidad de la Red como Unidad de Información. ¿Hasta qué punto los demás genes no son factores ambientales desde el “gen protagonista”? ¿Hasta qué punto los factores ambientales no son en si mismos genes, como unidades en cooepetencia por combinarse con los genes escasos? La temperatura puede ser una información que pertenece a la secuencia de activación de un fenómeno emergente, en el que participan “otros genes” en distintas escalas de espacio y de tiempo, bajo distintas metáforas y enfoques.

El concepto de módulo se difumina y no es posible diseccionar, como no volará un avión sin casi todas sus piezas. Las redes de genes se conectan con las redes epigenéticas, a su vez ambas con las redes bioquímicas, que se conectan con las redes estructurales, que se conectan con las redes de variables del entorno. Los fenómenos emergen de “clusters multilayer” y a su vez constituyen redes fenomenológicas,... creación de un nicho que selecciona y coevoluciona con mecanismos de “feedback” que son intrínsecos a las estructuras de las redes. Causas y efectos son redes que se entrelazan, (excepcionalmente son redes de un nodo): una causa o pocas causas ofrecen distribuciones estadísticas de efectos o un efecto o pocas variantes (fenotipos flexibles), son consecuencia de una distribución de causas (fenotipos resistivos)... con toda gama de matices y grises.

Las estructuras en red ofrecen tablas de decisión integradas en eficiencia, beneficio o “pay off”, que es probabilidad de reproducirse, según una ponderación de estrategias razonablemente eficientes entre la robustez y la adaptabilidad. Si se modifican las redes, -el entorno ya no es en este contexto, parte del lenguaje-, la Selección habrá redundado o reforzado aquellos aspectos en los que ser resistivos puede ser ventaja (si se podan y recablean interacciones, la plasticidad de la red, renueva la solución, que

puede emerger de muy diferentes configuraciones con distribuciones autosimilares y resonantes), y permitido mecanismos de plasticidad estadística por reconfiguración y recableado, poda y desarrollo, en aspectos adaptativos (redes no-nucleares, periféricas). Sorprendentemente la red usa la plasticidad para la robustez y para la adaptabilidad (robustez y adaptabilidad son prejuicios de interpretación funcional de las redes, el genotipo no pretende ser fenotipo, como un programa no pretende nada, ni siquiera ser compilado, solo que si no lo es, no trascenderá). Es mucho más que un sistema de memoria y variación, incluye de serie los mecanismos de “feedback” para tomar decisiones.

Renunciamos al “genocentrismo”. Suponer que la herencia reside en el ADN y no en la interacción, nos devuelve al s.XX. Si tomamos la definición amplia de Gene, como unidad sobre la que actúa la Selección Natural, libre de escala, libre de relato y libre de unidad (interacción multicapa gen-bucle-red-órgano-cultura-especie-ecosistema-... en distintas escalas de tiempo), no sólo se desdibuja la diferencia entre herencia genética y herencia epigenética, sino además entre éstas y la herencia de la estructura y la herencia del entorno, (¿epientorno es redundante o epigenética un oximorón?). Diferenciamos por escala, relato y unidad, la herencia de estructura 3D de otros “entornos”, -la gravedad es estructural y se hereda de generación en generación, como lo es la tensión superficial del agua, las reglas físicas de plegado de una molécula o la impermeabilidad de la arcilla-. La herencia del ambiente, en tanto que un entorno ácido, o un entorno seco, o un entorno con depredadores, o un entorno domesticado, se heredan, pues, como en las neuronas, la información no está en el gen, sino en la interacción y el que su modelización los sitúe en redes de distinta escala, no los desenreda. La diferencia entre estructura arquitectónica y las estructuras del entorno, es la escala de tiempo de su variabilidad. ¿Quién dijo que una unidad de información debe ser eterna? ¿una unidad de información que trasciende unas pocas generaciones y se apaga no es un gen, pero una unidad estable que es sustituida por otra mejor, sí?

En sentido amplio Gene es una unidad de codificación “libre de escala” y “libre de metáfora”, que a su vez, aunque parezca una tautología, es, al generalizar, “libre de unidad”. La ambición de ampliar el significado niega la existencia real del gen, relegándolo a significante:

- *Libre de Escala*, porque las leyes económicas de la escasez, de la diversidad hereditaria y de la selección, incluso de la entropía, acción y reacción -causalidad-,... aplican en unidades a escala cuántica, química, genética, de red, sistémica, de organismo, social, ecológica, cosmológica y a cualquier escala intermedia según el observador elija los aumentos de la lente y el reloj con que lo analiza.
- *Libre de Metáfora*, porque aplica a las definiciones de colectivo que se considere, desde poblaciones de moléculas bioquímicas a Gaia, pasando por el desarrollo como cooepetencia entre sistemas de células, de órganos, de culturas, de teorías, de empresas, de lenguas, de maneras de insultar, de metáforas,... Las perspectivas, que siquiera son hipótesis, sino enfoques pretenciosos de ser más que eso, de la biología evolucionista, de la sociobiología, de la psicología evolucionista, del adaptacionismo, de la construcción de nichos, de la autodomesticación, la biosemiótica,... no son sino distintos ángulos de la lente con que analizamos la dinámica de los sistemas de colectivos diversos.
- *Libre de Unidad*, porque la traducción entre información y característica o comportamiento, proyecto y edificación, no es lineal -aritméticos en el pronóstico causa-efecto (i.e. enfermedades monogénicas)-, ni multilínea -computables-, ni siquiera unívoca, sino fenómenos emergentes de sistemas complejos entre redes, superredes y subredes, redes de redes de redes de redes....

Interaccionando cada una a su nivel según estructuras dinámicas, subredes, recableado, con ruido, aleatoriedad,... relacionándose entre si,... haciendo imposible identificar la Red-Unidad.

Si la Unidad es la Red (dinámica –“rewiring”- y difusa –interacciona con otras redes-), no hay Unidad física, sólo conceptual, no quedando idea de Unidad de Información más que para distinguir entre unidad transmisible (germinal) y unidad no transmisible (somática). A ese nivel aplica la entropía de la información, que solo se manifiesta si se “imprime” en el fenotipo. La herencia es la replicación de la red de memoria residente en las interacciones y su variabilidad ya no depende de la combinatoria de los alelos en la meiosis o la mutación de una base (que también), sino en la misma definición de Sistema Complejo: una causa produce una distribución estadística de fenómenos emergentes como efectos, a la vez que otra causa puede producir con otra distribución de probabilidades los mismos efectos, por lo que la variabilidad no es ciega y no depende estrictamente de entorno (que puede incrementarla), sino de la misma dinámica estadística de la Emergencia, que en cada acto de impresión de un genotipo en un fenotipo, caso a caso, pueden diferir en frecuencia como puntos aleatorios de una distribución estadística, con además sus sesgos estadísticos al azar o provocados por una presión “lamarckiana”.

La cantidad de libros que aun en combinaciones de 7 letras de margen por tecla a elegir para que tuvieran sentido sus palabras (28 letras/4 bases), no ya con frases, sino con sentido en su conjunto, simplemente no es determinable por el azar en el tiempo en el que todos los habitantes del planeta puedan teclearlo. Podremos escribir infinitos libros con infinidad de contenido, pero solo habrá papel y estanterías para un número limitado y no habrá editorial que pruebe de imprimir todas las combinaciones, para ahorrarse los derechos de autor. Según se tomen los supuestos combinatorios, y asumiendo que los genes pueden estar o no afectados por otros genes, en un entorno aleatorio, cientos de miles de pares de bases ofrecen números distintos de opciones que la selección natural debiera de evaluar,... ($2N$ en el organismo más sencillo y operativo a día de hoy, son 10 seguido de 120 0's estados posibles).

En este “framework” nemético o integrador, fractal, autosimilar a cualquier escala, la selección se rige por juegos de suma no-cero, decisiones de tiempo limitado con pseudo-óptimos locales que se estabilizan precariamente por el “fitness” de su “pay off” por imitación o simple proximidad -sin demasiada aleatoriedad-, dejando ineficiencia en el proceso -entropía-, según las leyes de la oferta y la demanda, de la escasez y de la “constructualidad” (minimización del flujo de energía, Adrian Bejan). La muerte llega cuando el sistema encuentra un equilibrio estable para mantener a la vez constantes la energía y su flujo y mientras se vive, el rozamiento de vivir, produce entropía, cenizas, restos de la irracionalidad de los números racionales.

En el Framework contemporáneo, todas las aproximaciones históricas y actuales son integradas en mayor o menor grado -del ultradarwinismo al poslamarckismo, del darwinismo social a la sociobiología-, las que vendrán -la exobiología o el “machine learning”-, también. Las leyes de la evolución permean a infinidad de campos, justa es su reciprocidad. La diversidad no es motivo para el enfrentamiento ni bandazos, todos caben y todos aportan, pues el interés del científico no es tener razón, sino, como los adolescentes, encajar. La Nemética no es una aproximación mía o de Punset. Existe desde hace años, está en el ambiente, completamente formulada, es una integración multidisciplinar de amplio espectro, con infinidad de investigadores publicando sobre ello, pero de tan amplia perspectiva que no tiene lenguaje compartido y por tanto sin una consciencia de Framework. Ni siquiera es una novedad.

Los genetistas bioquímicos no “entienden” a los estadísticos, y ambos son extraterrestres para los psicólogos o los economistas. No hay consciencia sin lenguaje, como no habrá Nemética hasta que se hayan jubilado los catedráticos y herederos de un lenguaje evolucionista parcial y reduccionista, que frena la precipitación de todo el conocimiento que permanece en suspensión, pendiente de la enzima o del convulsionante, -tal vez un “best seller”, tal vez un “paper”-, que obligue a los grumos de ideas a caer al mismo fondo por su propio peso... otra Emergencia.

REFERENCIAS

Isaac Asimov. Serie de La Fundación. 1951-1993.

Eduard Punset. 607 programas de Redes. 1996-2013.

Lilly&Lana Wachowski. The Matrix Trilogy. 1999-2003.

Bartolomé Pons-Rullán, Trabajo de la Asignatura Evolución de la Mente, Diciembre 2019. borrador.