Keywords: Attention, Brain-mind relationships, Cadacualtez, Causality, Cilia, Ciliary evolution, Coma recovery, Evolutionary origin of the nervous system, Electroneurodynamics, Engram, Interaction-modalities' coupling, Interference patterns, Dynamical-mass sources, Interval transform, Mass, Memory, Mind definition, Neurobiology, Psychophysiology, Recall, Reptile psychobiology, Semovience, Sleep biophysics, Special relativity, Time, Time perception, Vegetative states

¡Alma 'e reptil!
Los contenidos mentales de los reptiles y su procedencia filética

Introducción a una próxima edición de *Biomedicina de reptiles*, por Juan Carlos Troiano y colaboradores

por
Mario Crocco

Electroneurobiología 2004; **12** (1), pp. 1-72; URL <http://electroneubio.secyt.gov.ar/index2.htm>

Copyright © 2004 del autor / by the author. Esta es una investigación de acceso público; su copia exacta y redistribución por cualquier medio están permitidas bajo la condición de conservar esta noticia y la referencia completa a su publicación incluyendo la URL original (ver arriba). / This is an Open Access article: verbatim copying and redistribution of this article are permitted in all media for any purpose, provided this notice is preserved along with the article's full citation and original URL (above).

Contacto: ver página inicial del sitio de red de *Electroneurobiología* / Contact: visit the initial page of *Electroneurobiología* website, <http://electroneubio.secyt.gov.ar>

Tamaño de página impresa / Printed page size: **A4** (72 pp. en este archivo).

Long abstract: The evolutionary origin of the nervous systems is reviewed, with special focus on the physical means put at play at each stage. Numerous observations, often scarcely discussed outside of the neurobiological and psychophysiological concerns, consistently point out that variations in dynamical mass (not in inertial mass, it might be noted) in the action carriers of a force field, obtained by coupling with intensity variations of another, overlapping force field, found a neurobiophysical application. In it also intervened relativistic dilations of the instant or minimal interval-like course of causal transformation, despite such dilations' being unexpected in the Pythagoric-Parmenidean mindsets where, in order to deny genuine reality to elapsing time, the physical instant is supposed infinitesimal – *i.e.,* not integrable into actual time courses – and therefore unfit to undergo relativistic dilations. Brains combine the two physical phenomena in connecting minds with their environment and varying their sensations' force of imposition. This application, not specifically discussed in this review (see rather *Electroneurobiología* **11** # 2 pp. 14-65, 2003: M. Szirko, "Effects of relativistic motions in the brain and their physiological bearing") aimed instead at its antecedent stages, was achieved through the electric field's neurophysiological patterning which, before and after the incorporation of those phenomena into biological functions, some living organisms employed for getting into resourceful relationship with outer events. Whence depicting the long evolutionary roots of this special use clarifies such incorporation.

One of the most notable dynamical phenomena in nature is the evolution of living systems. To obtain nourishment, defense and sex recombination, biological organisms enact their distinctive menus of relationships with the external world by performing what is called their "functions of relation." Distinguishing any particular external thing or sector to be acted or reacted upon (object) from the rest of the environment, while allowing for its relevant relations with this environment (mapping), is termed a "reference to object." It was once thought that, for the functions of relation to make reference to objects and map them, a nervous system was requisite.

Nervous systems, for that reason, got conceived as having started with cellular specialization; that is, with the evolutionary selection of surface cells specialized in detecting and cooperatively communicating the presence of relevant objects to other bodily cells specialized in fittingly dealing with them. Though functional, this criterion guarded the primacy of anatomical distinctions: the nervous systems were assumed to have started with the functional diversity that made neurosensory cells different from other cells – specially from motor cells.

The remaining of the nervous evolution was thought to have consisted in the natural selection, differentiation and combination of the paths or circuits (hodologies, also called neural nets) composed of those specialized cells of the first class (neurosensory cells). The acount tells that, early on, some of these communicating outer cells went down into the tissue (subepithelization) for covering. Then, for mustering into synergy more numerous and farther motor cells (muscles), they also became elongated into fibers (fibrillarization). Then the fibers became drawn together into suitable anatomical corners, forming local networks called nerve plexuses (plexusification). Concentration continued: as it enables shortening in strategic sites the fibers' length and, so, faster coordinating the nerve communications that must be forwarded in some mutually referred-to sequence for bringing diverse muscles into common action, the natural selection of more complex instinctive behavior selected the genetic formation of nervous ganglia (ganglionarization). Their development came upon a treasure of new resources derived from variations in their inner connectivity. As ganglia so became more complex, they formed an inner fiber mesh called neuropil (neuropilarization), which got organized into the brain cortex (corticalization) and – up since the appearing of reptilomorphs - into neocortex (neocorticalization) so as to sustain the natural selection of physical processes which minds can react to with subjective intonations.

Otherwise stated, it was thought that the natural selection of paths for nerve activity supplied the physical processes to which minds can react by intonating themselves subjectively. But the story is incorrect.

Already in the acellulars from which all animals derive, far before any cell differentiation, the functions of relation made reference to objects. These acellulars distinguished from the rest of a mapped environment the particular thing or sector to be acted or reacted upon. The electric field patterns (correlograms) that they utilized as means for attaining reference to objects got lost in many animal lineages, which rather formed nervous ganglia to serve as their uppermost level of organic regulation. Those means, instead, were preserved during the process of path concentration that formed brains.

As a result, the brain organs that nowadays carry out the chordate's uppermost level of organic regulation include neural ganglia that subserve a specific, connectivity-based function, which is not the uppermost regulatory function of the organism: the neural ganglia embedded in each chordate brain do hodologically enact unmindful behavior through refined sensomotor archs that lack any memory of particular objects. As another result of the same course of events brains include, too, the said electric field means. They perform another specific function. These electric means furnish the therein circumstanced mind as well with exchanges to which intonatively react as, too, with a way for ecphoria, *i.e.* for causally chaining some extramental processes to mental operations. Further, these very electric field means, by way of making relativistic effects to assume specific values at the locations of the mind-extramentality causal exchanges, enact variations in time resolution that modulate the mind's intonative reactions, while the mind's retentiveness supplies a memory of particular objects in terms of their operative characterization. Therewith individual intellectual developments become allowed in the biosphere - whereupon the regular eclosions of never regular minds get placed into the causal organization of behaving organisms, as their uppermost regulatory level. Thereby, not through the hodologies or circuitry of the neural ganglia embedded in the brain, these organisms become able to surmount the Turing machine limits and, so, colonize such biological niches where transforming accidents into opportunities is requisite for survival. Reptile organization, by its affording neocorticalization, provided the newest major step in this evolutionary journey.

The present essay, whose Spanish title means "Reptile soul: reptilian mental contents and their phylogenetic descent," was asked for serving as Introduction for the new, soon-to-be-published edition of a quite focused Spanish treatise, J. C. Troiano's *Reptile Biomedicine*, and commemorating the fortieth anniversary of the research work that exposed the above facts.

¡Alma 'e reptil!

Los contenidos mentales de los reptiles y su procedencia filética

Introducción a una próxima edición de *Biomedicina de reptiles*, por Juan Carlos Troiano y colaboradores

Sumario: Tras señalar la característica principal de los psiquismos, se resume la evolución del sistema nervioso. Se detallan sus etapas iniciales en protozoos arcaicos, en los cuales sus funciones estaban a cargo del sistema de control de las cilias. Surgieron de allí medios fisiológicos utilizados, muchísimo después, para generar contenidos mentales en psiquismos eclosionados a los cerebros que conservaron tales medios. Se describen estos medios, su relación con el órgano cerebral (el que también adquirió otras funciones basadas en la conectividad neuronal, llamadas funciones ganglionares), su acuidad temporal y sus aplicaciones mnésicas, así como su ubicación general en la naturaleza.

Es alto honor y el mayor gusto introducir el presente libro con esta sinopsis, sobre la mente reptiliana y sus orígenes que naturalmente también abarcan los del psiquismo animal en general, tal como me lo solicitara su autor. Mucho le agradezco la ocasión de expresarle públicamente mi respeto y afecto. El doctor Juan Carlos Troiano es un antiguo becario del Ministerio de Salud en este Centro de Investigaciones, hoy monumento histórico nacional, que corporiza la tradición investigativa informalmente conocida como escuela neurobiológica argentino-germana. ... El doctor Troiano es un argentino leal ante todo a la verdad, temiblemente experto, asustantemente lúcido e inmoderadamente franco para la moda hodierna, jamás desentendido de cambiar el mundo. En prueba de sus patoruzadas (generosos esfuerzos en pro de noble fin), vaya este utilísimo y hermoso tratado.

Las eclosiones de los psiquismos o mentes

¿Y qué puedo yo decir acá? Aunque no carezco del todo de credenciales herpetológicas, fue nuestro primer director, Christofredo Jakob (1866-1956) quien dedicó el mayor esfuerzo investigativo al psiquismo reptiliano. Sus investigaciones paleoneurobiológicas y neuropaleontológicas a partir de 1899, en particular - para este tema del alma de los reptilomorfos - aquellos trabajos desde 1903 dedicados a la filogenia de las kinesias y a comparar los cerebros de gimnofiones y otros anfibios con los de anfisbenas y otros reptiles,

fueron coronados por su magistral síntesis de 1945 que constituye el tomo cuarto de la Folia Neurobiológica Argentina. Se intitula "El yacaré (*Caiman latirostris*) y el origen del neocórtex: estudios neurobiológicos y folklóricos del reptil más grande de la Argentina" y es hoy obra clásica, fundamental para la formación de todo biólogo o médico veterinario interesado en reptiles - y también para todo filósofo interesado en las existencialidades que se hallan arrojadas a vivir en un cuerpo no elegido, para todo psicólogo interesado en el desarrollo de las diferenciaciones mentales y la filogenia de las emociones básicas, para todo etnólogo interesado en los vínculos de las culturas nativas y rurales con psiquismos de baja empatía. Yo por mi parte, montado en los resultados del trabajo de ese gigante que fuera Jakob y de sus numerosos colaboradores, traté de ahondar en la selección natural de los procesos neurodinámicos que generan contenidos mentales, tanto en la faceta electroneurobiológica de tales procesos cuanto en la reactividad de las mentes, es decir en la cuestión que Jakob nos enseñó a denominar "el problema de las entonaciones subjetivas".

Fíjese amablemente el lector en que hablo del origen de las diferenciaciones mentales en la biósfera de nuestro planeta, no del origen de los psiquismos que aparecen en ella. Los psiquismos, existencialidades o mentes son eclosiones, no procesos. Ello es siempre así, ya sea que se encuentren circunstanciados al cuerpo de una anfisbena ("víbora ciega") taladrando sus subterráneos, o bien al cuerpo de quien lee ahora estas líneas. Claro que al psiquismo circunstanciado en una anfisbena su cerebro no le brinda nada que leer, no sólo porque en sus galerías haya poca luz sino, ante todo, porque la eclosión de existencialidades dentro de la evolución biológica opera sólo como un medio instrumental - en un ratito veremos para qué le sirve - y no como un fin. Pero ese psiquismo o existencialidad hubiera podido ser el del lector.

Al igual que las eclosiones de "partículas" microfísicas que bullen en el mal llamado vacío, apareciendo y desapareciendo dentro de los confines de la indeterminación cuántica y que por ello son llamadas "partículas virtuales" (también mal llamadas "virtuales", porque no tienen ninguna otra diferencia con las "partículas reales"), asimismo los psiquismos, existencialidades o mentes afloran sin determinación de parte de los antecedentes del proceso substrato (tejido cerebral) donde tales mentes aparecen. Son eclosiones, no emergencias. Por eso no hay selección natural de psiquismos: sería imposible e inútil.

Hay en cambio selección natural de contenidos mentales. La selección natural selecciona la producción de cada proceso substrato y, si tal proceso es adecuado, en él siempre eclosiona una existencialidad. Quién es esta, es decir - tomando ejemplos concretos - por qué el lector o su tortuga no se hallaron circunstanciados a otro cuerpo, otra familia, otra especie o planeta o época, no es una determinación que provenga del cuerpo o cerebro desde donde el lector interactúa con la extramentalidad y avista este texto, ni del cuerpo o cerebro desde donde la tortuga mastica calmosa sus legumbres.

La característica fundamental de los psiquismos

Este modo de establecerse señala que el rasgo principal de las existencialidades o psiquismos es su cadacualtez, el hecho de que cada psiquismo se constituye con una distintiva singularidad tal que incluye su aparecer en cierta circunstancia en vez de ninguna otra. De la cadacualtez, pues, deriva que no sea otra existencialidad o psiquismo quien eclosiona a sentir y controlar parcialmente cada cuerpo. La cadacualtez por ende incluye la determinación por la cual cada cual no eclosionó en otra circunstancia. De ella proviene que uno despierte siempre experienciándose detrás de su nariz y no de ninguna otra, igualmente compatible con la vida (lo que desmiente la fatua quimera del "principio antrópico"), o a veces más - como a menudo comprobamos dolorosamente en los hospitales. Es la cadacualtez lo que hace que no sea indiferente que cierto evento biográfico, por ejemplo una próxima desgracia, esté por acaecerle a usted o en cambio le ocurra a algún otro. Nosotros podemos formar un cuerpo, incluso elegir algunos de sus rasgos (si se me encapricha tener un niño mulato, rubio natural, parecidísimo a mí o incapaz de digerir leche de vaca, buscaré consorte adecuado o clonador inescrupuloso), pero jamás podremos determinar quién nos dirá "papá" o "mamá" desde ese cuerpo que, con los medios apropiados, somos capaces de formar.

Lo mismo ocurre con cada anfisbena, y con cada animal empsiqueado. La selección natural, durante el curso de eones, seleccionó cerebros como medios para que las mentes eclosionadas en ellos desarrollaran inteligencia y sensaciones adecuadas a la supervivencia en el nicho ecológico donde se encontrasen. Para esa selección natural no importa quienes fueren existencialmente estas mentes; a la evolución como simple proceso de relajación física no le conciernen sus cadacualteces ni sus suertes particulares, sino la utilidad biológica de sus comportamientos regulares. Así, pues, la selección natural filogenética selecciona desarrollos intelectuales individuales. Los cerebros son, a su vez, seleccionados como sus instrumentos, diferentes en cada especie y también algo variables entre individuos. Los cerebros son los instrumentos que permiten diferentes desarrollos intelectuales individuales a las existencialidades circunstanciadas a interactuar con la extramentalidad desde ellos.

En resumen, las existencialidades, mentes o psiquismos no son substituibles; al contrario, sí lo son los medios para producirles contenidos mentales que esas existencialidades puedan diferenciar. Estos medios físicos son, pues, fungibles: tal como para beber puedo tomar un poco de agua potable o cualquier otro poco, sacado de cualquier rincón del universo, o pagar algo con un billete o bien con otro, igualmente con la combinación dinámica de cualesquiera cargas eléctricas en un substrato puedo producirle sensaciones a la mente que previamente hubiera eclosionado a ese substrato. Pero no a ninguna otra mente. Esos medios son fungibles, las mentes no. No es existencialmente lo mismo que algo muy malo - o algo muy bueno - le pase a usted que a mí, aunque biológicamente ambas alternativas pueden ser equivalentes. Funcionalmente, para la biósfera es lo mismo que usted hubiera eclosionado en un cuerpo de crótalo, o en el mío, o que la existencialidad que se halla circunstanciada a un yacaré se hubiese hallado en el feto humano que su

madre dio a luz el día que usted nació. No es lo mismo, por cierto, para cada uno de los aludidos. Las mentes son cadacuálticas; no son fungibles.

Distinguir los elementos fungibles y los no fungibles en materia de psiquismos es un punto esencial de su descripción por las ciencias naturales, no sólo para el estudio de las relaciones mente-cerebro y del puesto de las existencialidades en el cosmos, sino para la neurobiología clínica del recobro de comas y estados vegetativos, humanos y veterinarios y, asimismo, para la neurobiología de la memoria - ya que nos dice donde podemos intervenir terapéuticamente y en qué nos lo está físicamente vedado. Como veremos es también particularmente importante para el médico veterinario interrogado por el dueño o la dueña de mascotas herpetológicas que quiere saber si está simpatizando con una inteligencia sentiente, aunque sus contenidos mentales sean elementales o rudimentarios, o en cambio con alguna suerte de robot incapaz de tener experiencias, hecho de puros reflejos. Es precisamente por confundir mentes con contenidos mentales que algunas culturas - por ejemplo, muchos angloamericanos – pierden de vista ese contraste y llegan a creer que las mentes pueden fusionarse o que se originan del mismo modo que sus diferenciaciones internas; pero medio o un cuarto de existentialidad cadacuáltica no cabe. O bien hay una, o bien no la hay y en su lugar se encuentran solamente porciones de extramentalidad, interactuando con otras similares.

Despejado así en substancia este punto, podemos comenzar a aproximarnos al estudio del psiquismo reptiliano. Para ello debo exponer en esta Introducción cómo se originaron los medios biológicos para forjar contenidos mentales y, ajustando esos contenidos al ambiente, permitir a las existencialidades conocientes y sintientes de esos contenidos internos que obren sobre ellos con resultados eficaces y adaptativos fuera de la mente. El tema requiere base en paleoneurobiología y neuropaleontología. Exponerla empleará la mayor parte de esta Introducción, pero ello es necesario**.** Bocetemos pues (seguiré aquí unos resúmenes compuestos hace tiempo[1, 2, 3]) la selección natural de tales medios para generar, en las mentes, contenidos mentales adecuados a las

---

[1] M. Crocco (1963), "La cilia de las neuronas centrales, reliquia del tronco común de motilidad y percepción"; poster, Escuela Normal de Profesores Nro. 2 Mariano Acosta, Bs. Aires; (1972 a) *The Integrative Cosmological Subprocess*, com. al Consejo Nac. de lnvestigaciones Científicas y Técnicas, Presidencia de la Nación, 6 junio 1972; (b), *The Origin of Interference Object Constructions in Brains*, ibidem, agosto 1972; (c), *Filogénesis de los mecanismos intraencefálicos de posicionamiento objetal*, ibidem, agosto 1971 y marzo 1972. Una divulgación en: Crocco, M. (1971) "Conciencia, inconsciente, interioridad y modelos holográfico-holofónicos", Rev. Arg. de Psicologia # **11** (Junio 1971), 55 - 66.

[2] Alicia Ávila y M. Crocco (1996), *Sensing: A New Fundamental Action of Nature* (Folia Neurobiológica Argentina, vol. X: Institute for Advanced Study, Buenos Aires), pág. 862-891 y 980-981.

[3] M. Crocco, Alicia Ávila, L. R. Pache y Mariela Szirko (1996), "The ciliary stage in the phylogeny of neurocognitive physiology," I (XI) Megdunarodnoe Soveschanie I Shkola Po Evolutionnoi Fiziologii, April 22-26; Russian Academy of Sciences, Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry, San Petersburgo, Rusia.

necesidades de la adaptación de los organismos empsiqueados a sus distintos ambientes.

Quadragesimus annus

Esta selección comenzó hacia la mitad de la historia de la vida en nuestro planeta. Los primeros mil ochocientos millones de años, o algo más, en la historia de los organismos biológicos terrestres habían sido densísimos en eventos evolutivos. Pero esos medios que alguna vez se usarían para generar contenidos mentales todavía no habían entrado en juego para ninguna otra función - es que los antepasados de los animales con cerebro aún diferían de estos profundamente. No faltándole mucho para terminar a este largo primer período, hace unos 2500 millones de años, cuando el año terrestre contaba 645 días de trece horas y media, nuestros antepasados eran las cianobacterias fotosintéticas que colonizaban todas las aguas. Hacía ya bastante que habían consumido el metano y amoníaco de la atmósfera y soltado suficiente oxígeno para formar una incipiente capa de ozono que, escudándolas de la radiación ultravioleta, les dejó colonizar también las tierras. Se habían extinguido todas las formas de vida que habían dependido de aquel metano y amoníaco atmosférico y las carentes de tolerancia a las iniciales pero crecientes cantidades del terrífico oxidante, oxígeno.

El largo primer período terminó hace 2050 millones de años, cuando comenzaron los tiempos del Paleoproterozoico terminal. Por entonces nuestros antepasados eran ya complejas Archaebacteria, por supuesto sin ningún psiquismo circunstanciado a controlar su conducta. Ya tenían núcleo, es decir eran procariotas, aunque no sabemos bien desde cuándo. Y en los próximos 450 millones de años despunta lo apasionante de esta interesantísima evolución - porque algunos de sus descendientes habrían de tornarse eucariotas Archamoebae, por otra parte ya existentes hace 1750 millones de años.

Aquellos 450 millones de años del erathem Paleoproterozoico (cada era geológica es geocronométricamente llamada un erathem y se divide en períodos, según las definiciones de la Commission on Stratigraphy de la International Union of Geological Sciences) abarcaron dos períodos: el Orosirio, que se mantuvo entre 2050 y 1800 millones de años ha, y su sucesor el período Statherio que perduró entre 1800 y 1600 millones de años ha. Antes de estos dos períodos, nuestros antepasados habían adquirido citosqueleto, que fijaba y estructuraba buena parte del agua citoplasmática y acomodaba espacialmente reacciones, organelas y la forma corporal; núcleo (y por esto se los llama eucariotas, es decir por llevar la mayoría de sus genes y su aparato controlador en una bolsa especial o glóbulo interno mantenido a diferente potencial eléctrico, llamado núcleo) y endomembranas. Finalmente, para esta etapa habían adquirido cilias. El fosil eucariota más antiguo, afín a *Grypania*, tal vez con primitivas y poco eficientes mitocondrias, tiene 2100 a 1900 millones de años, aunque no parece ciliado. Cavalier-Smith, entre otros, subraya que las evidencias, especialmente la genealogía reflejada por el ácido ribonucleico de la subunidad 18S en los ribosomas, sostienen "*that cilia evolved at*

the same time as the nucleus"[4,5,6]. Pero desde entonces se obtuvieron indicios de que el núcleo podría haberse adquirido incluso hace 2700 millones de años (véase ref. 6). Lo que sabemos con suficiente seguridad es que las Archaebacteria procariotas ya habían originado Archamoebae eucariotas hace unos 1750 millones de años.

Las evidencias por el momento convergen en indicar que estas Archamoebae adquirieron las cilias hace algo más de 1800 millones de años. Su control para "remar" y alimentarse capturando presas lo alcanzaron casi inmediatamente, es decir hace no menos de unos 1750 millones de años - "fecha" que conviene retener. Lo decisivo es que el sistema de control de esas cilias no actuaba ajeno a las presas sino que se refería a ellas; es decir, su estructura hacía referencia a los cambiantes objetos. Es por vía del control electrobiológico de estas cilias que, andando los eones, se seleccionaron los mecanismos para inducir contenidos mentales adaptativos en existencialidades circunstanciadas a mantener sus intercambios operativos desde el asiento histológico de tales mecanismos, asiento histológico que por entonces habría llegado a transformarse en tejido neuronoemático: el gris cerebral o "substancia gris", *das nervöse Grau* como decimos en nuestra tradición neurobiológica.

Pero ya Aristóteles observaba que las cosas se entienden mejor cuando las contamos desde sus primeros principios. Así que antes de continuar conviene que me presente un poco y, entretejiendo algunos asuntos personales, anticipe con más nitidez cómo es esto de que tenemos que vérnoslas con cilias de protistas para entender la mirada de un reptil - y también la de un ser querido - que nos observa. Gozo de miopía, es decir comparto el privilegio de percibir cosillas tan pequeñas que muchos no alcanzan a distinguir a ojo desnudo. Por eso aprendí a caminar y hablar en un mundo de pequeñeces movedizas que otros me oían señalar sin poderlas ver, como el abrir y cerrar mandíbulas de las larvas de mosquito, la natación de los protozoos de gran tamaño, la precisión de los contactos entre hormigas o los rudimentos de patas en una "viborita de cristal". Mis observaciones de párvulo eran mucho más ricas que lo que podía contar y cuando recibí un cuentahilos de cuatro aumentos avanzó mi *infancia*, o incapacidad de hablar: la lupa me confirmaba como obvio que cierto hormiguear en escalas progresivamente minúsculas sostenía el cosmos. Tal metáfora raíz se consolidó aún más cuando pude manejar libros. Tras

---

[4] T. Cavalier-Smith (1993), "Kingdom Protozoa and Its 18 Phyla", Microbiol. Rev. **57**-4, 965 col. 2. *Cf.* T. M. Han y B. Runnegar (1992), "Megascopic eukaryotic algae from the 2.1-billion-year-old negaunee iron-formation, Michigan", Science **257** (5067; July 10), 232-5.

[5] T. Cavalier-Smith (1987 a), "The origin of eukaryote and archaebacterial cells", Ann. N.Y. Acad. Sci. **503**, 17-54; y (1987 b) "The simultaneous symbiotic origin of mitochondria, chloroplasts and microbodies", Ann. N.Y. Acad. Sci. **503**, 55-71; T. Cavalier-Smith (1988), "Origin of the cell nucleus", BioEssays **9**, 72-78.

[6] S. Blair Hedges, Jaime E. Blair, Maria L. Venturi y Jason L. Shoe (2004), "A molecular timescale of eukaryote evolution and the rise of complex multicellular life", BMC Evolutionary Biology **4** (1): 2; disponible en red en el sitio de BioMed Central, < http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?tool=pubmed&pubmedid=15 >

aprender a leer con "¡Upa!" descifraba deslumbrado el *Traité de Zoologie* de Perrier, los *Souvenirs entomologiques* de Fabre y antropologías transformistas decimonónicas llegadas por motivos ideológicos a la biblioteca de una activa asociación social y deportiva a metros de casa. Mi labor conceptual no iba muy a fondo, que digamos. Pero los copiaba con deleite, calcaba sus dibujos y los cotejaba con nuestra fauna, repasaba y cultivaba lo que se me iba haciendo inteligible, y confrontaba las explicaciones genéticas de uno con genealogías haeckelianas de otro. A fines de 1951 el esfuerzo de mis padres me compró mi primer microscopio. Este, con el consabido sobresalto inolvidable al enfocar de improviso las contorsiones de un nematodo, me enseñó indeleblemente que al aumentar una escena se aumenta también su velocidad. Me figuré que por éso era que apenas podía vislumbrar las ciliaturas, el tapiz de cilias con que los paramecios a diario se meneaban burlones ante mis narices, nadando o más bien atornillándose en sus gotitas de agua de florero. ¿Pero cómo podían maniobrar así? ¿Y cómo esas maniobras podían acertar con sus conveniencias? En febrero de 1952 mis mayores me regalaron un muy completo "juego" de química, porque nuestra sociedad por entonces veía natural proveer en serio oportunidades para que niños y jóvenes crecieran intelectualmente, y los mejores científicos e intelectuales no desdeñaban escribir en revistas infantiles y producir manuales escolares o cuentos para niños. Vivía por entonces Jakob y aun tocaba el piano, en un caserón de tejas del barrio de Belgrano, y los fascinantes fascículos de su "Tratado de Biología General y Especial para el uso de la enseñanza elemental, secundaria y superior en la República Argentina" eran música para mis observaciones e iluminaban mis experimentos.[7] A ello siguió la física y me evoco calculando con toda seriedad la capacitancia y la descarga del Arca de la Alianza. Tras componer con devoción un par de libros que por piedad prefiero olvidar, en 1959 obtuve un primer resultado serio, la medida de la superficie del lecho vascular dentro del cerebro humano. En realidad yo no medí superficies, como se había intentado hasta entonces, sino la diferencia en el cuello entre energía hidrostática entrante al cráneo y saliente de él, a la que dividí por el coeficiente de fricción. Ello me dio un primer resultado del orden de unos siete mil metros cuadrados, que un par de años más tarde pude refinar a unos 3500 m^2 y me valió el importante impulso de uno de los antiguos alumnos de Jakob.[8] Este me estimuló a dedicarme a describir otro intersticio cerebral, no ya el vascular sino el que separa las células. Me dediqué a ello con afán y resultados de algún interés - hallándome en realidad ante un nuevo subórgano anatómico con funciones propias, el subórgano intersticial del encéfalo - mientras por separado (yo lo creía por separado) seguía investigando cilias. A fin de revelar su ritmo propio de batido, procurando superar las ingentes dificultades para lograr imágenes

[7] Chr. Jakob (1915-1918), *Tratado de Biología General y Especial para el uso de la enseñanza elemental, secundaria y superior en la República Argentina*, vols. I (Kraft, Buenos Aires, 1915, pp. 1-650) and 2 (Fascículos I-IV, 1917-1918, pp. 651-854: Kraft, Buenos Aires, y Revista del Jardín Zoológico, separatae)

[8] M. Crocco (1961), "Dimensiones y geometría de los compartimientos, en una masa con circulación intersticial" (Trab. presentado al Prof. Mariano Celaya, Esc. Normal de Profesores "Mariano Acosta", Buenos Aires) [Las potencias cinéticas no varían y se aplica la segunda regularidad de Poiseuille].

y obtener un resultado cuantitativo, primero superponía microfotografías rápidas, de paramecios en agua espesada con tragacanto; y más tarde usaba otro proceder, microfilmando y superponiendo las instantáneas como un vernier sucesivo. De pronto me encontré con las cilias en el subórgano intersticial cerebral.

¿Qué tenían que hacer allí? Don Pío del Río Hortega, fenecido entre nosotros menos de veinte años antes, había sido el primero en describirlas e identificarlas, en 1916. Mientras en la guerra europea los hombres se mataban, el cadencioso batir de una solitaria cilia neuronal en Madrid, flagrantemente fútil, fascinaba a don Pío. ¿Diría algo sobre el origen del sistema nervioso? Luego me enteraría que el tema apenas se tocaba en el orbe angloamericano. Calificando las investigaciones sobre el origen de los sistemas nerviosos efectuadas en las tres décadas anteriores a 1960, Bullock y Horridge proclamaban: "*Recent years have added virtually nothing, except perhaps a pinch of scepticism and a dash of disinterest*" ("Los años recientes practicamente no agregaron nada, salvo quizás una pizca de escepticismo y una rayita más de desinterés"). Por suerte aún nos manejábamos en modo independiente. Mi tanteo estaba suficiente maduro para la hipótesis que me llevó a titular un trabajillo intermedio "La cilia de las neuronas centrales, reliquia del tronco común de motilidad y percepción". Pero entonces otra pregunta se hizo obvia y tornóse título de otro trabajo: ¿por qué se asemejan los ritmos propios del batido ciliar en protozoos y del electroencefalograma en mamíferos? La respondía hipotéticamente un último trabajo de 1963, titulado "Cilias, infraciliatura y neuronización: filogénesis de las ondas estacionarias de Jakob por superposición fisiológica de ritmos ciliares y después neuronales". Pero había que establecerlo con rigor observacional. Para marzo de 1964 - ¡Qué! ¿Ya cuarenta años, pardiez? - era claro que la contrastación debía ser inicialmente asunto de anatomía comparada. En un trabajo de entonces, "Formación de ondas estacionarias en el control ciliar de paramecios y en circuitos reverberantes de la corteza cerebral: tronco común en la filogénesis de la motilidad y la percepción", llegaba a la necesidad de cotejar las cilias existentes en los diferentes grupos de organismos, tarea en que me empeñé de inmediato. Sin llegar a realizarla exhaustivamente, me tomó seis años. Durante ellos no comuniqué nada, salvo unas fotografías de "Cilias en las neuronas del seno de la substancia blanca (centro oval) en Vertebrados" presentado en la sección Herpetología del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" (Dra. N. Cattoi) en 1965; a la postre surgieron los resultados que narraré. Fallecidos Jakob y Braulio Moyano, los presenté preliminarmente[9] a otro de los discípulos de Jakob, el profesor Fernando Orioli, quien me trajo a este Laboratorio - el mismo donde casi un cuarto de siglo después dejaría tan gratos recuerdos el paso del Dr. Troiano.

[9] M. Crocco (1969), "La formación de ondas estacionarias, distribuídas sobre los microcircuitos reverberantes de Christofredo Jakob: aspectos neurofísicoquímicos e ideas sobre su extensión sucesiva y simultánea y su filogénesis", monografía presentada al Prof. F. Orioli, Cátedra de Anatomía y Fisiología del Sistema Nervioso, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

Los temas que debemos tratar tocan cuestiones neurobiológicas fundamentales. Una consiste en la selección natural del neuropilo, es decir del meandroso y convoluto entremezclamiento de un tercio por volumen de axones y arborizaciones axonales (sin contar el volumen de sus botones) con otro tercio - aunque esta fracción del volumen es más variable - de dendritas (sin contar sus espinas), formando con los restantes elementos presentes (botones, espinas, glía, e intersticio o espacio intercelular) una masa enredada que ocupa la mayor parte del gris cerebral, tanto en reptiles como en humanos. La textura de este neuropilo es la mayor diferencia anatómica entre ganglios nerviosos y cerebros. Los ganglios, por ejemplo los ganglios cerebroides de artrópodos y los de moluscos con una importante excepción comentada luego, presentan un neuropilo sencillo, casi geométrico, que recuerda al cableado racional del acúmulo de conductores detrás de algún aparato eléctrico. Los cerebros presentan una maraña muchísimo más desordenada cuyo funcionamiento, en seres humanos, gasta la mayoría de los casi veinte watts que consume nuestro cerebro - un veinte por ciento de nuestro metabolismo, un quinto de nuestro presupuesto en comer. ¿Cómo no lo ajustó la selección natural? ¿De derrochona, nomás? La diferencia neuropilar es muy notoria al oir con adecuada velocidad el electroencefalograma: los ganglios presentan un característico ruido de fritura mientras que los cerebros zumban modulados, pese a que muy numerosos ganglios nerviosos se conservan inmersos en esta anatomía cerebral. ¿Qué le brinda el enmarañamiento a la adaptación, para que ésta le tolere su costo energético?

Otro punto neurobiológico fundamental concierne a cómo se conservó la referencia a objetos en el pasaje del control ciliar de acelulares al marañoso neuropilo de cordados. Ya Jakob observó el neuropilo del *Amphioxus*, que es típicamente craniota aunque el anfioxo, un cefalocordado, sea previo a la "invención" del cráneo. Tal vez en nuestro ancestro cordado nunca existió una etapa adulta regulada puramente por ganglios nerviosos, como en los otros fila animales; los ganglios funcionan en base a rutas, no a mapas. Vale decir que los ganglios rutean localmente la continuación de sus procesos y por eso en cada etapa del proceso destruyen los caminos previamente seguidos por cada elemento funcional.[10] En contraste, en los cordados el nivel más superior de las

[10] Ello ocurre así: en vez de operar el ganglio en función de las relaciones entre todos los eventos relevantes, cada una de sus neuronas comprime las dimensiones de sus entradas particulares, moldeadas en las sinapsis de entrada a esa neurona. Estas sinapsis son miles. Pueden cubrir el 80% de la superficie de las dendritas y aportan miles de activaciones y de ausencias de activación, que se distribuyen peculiarmente sobre espacio, tiempo, topologías y potencial eléctrico. Cada neurona "computa" los rasgos de sus complejas entradas, transformándolas en sencillas ráfagas de potenciales de acción particularmente espaciadas, que se proyectan sobre el único axón de la neurona y también, en propagación reversa, sobre las mismas dendritas. En todo ello la disposición de la entrada sufre una enorme reducción dimensional y *se pierde irrecuperablemente*: cada "decisión" de lanzar (o de no lanzar) un potencial de acción por el axón y en retropropagación por las dendritas resulta de una función decisional no linear en el "espacio" de la ráfaga, que tiene menos dimensiones que la entrada. Cada "decisión" tal es un proceso de relajación física sobre una red de conexiones variables, en gran parte determinado por proteínas en la membrana de cada neurona que forman canales (ojales o poros) para el paso de iones. La corriente de iones

regulaciones orgánicas quizás siempre estuvo orientado a objetos, con conformaciones de campo eléctrico antes de disponerse de psiquismos - y después con modulación de la dinámica de esas conformaciones para generar contenidos mentales en tales psiquismos, cuando se formaron y seleccionaron tejidos orgánicos donde estos psiquismos eclosionaban regularmente, con lo cual las mentes empezaron a estar disponibles como medio adaptativo. Como veremos en esta sinopsis, las funciones nerviosas no principian con la conducción sino con las interferencias de distribuciones de portadores móviles de carga eléctrica, interferencias que forman objetos aludibles. Ahora bien, debido a que estas interferencias ocurren entre distribuciones de iones, exponer el mencionado pasaje evolutivo exige tratar algunas cuestiones físicas, sobre todo entender como puede sentirse una brisa. El "ruido" de las moléculas de aire en movimiento térmico, podría pensar alguno, debiera encubrir la "señal" que constituye la brisa. ¿Cómo percibirla? Un viento suave mueve aire a escasa velocidad, mientras las moléculas de ese aire se movilizan a velocidades mayores que una bala. Sin embargo se puede sentir la brisa, porque es el componente de todas las otras velocidades en cierta dirección no cancelada. También por eso podemos tomar el pulso: se pueden sentir los pulsos hidráulicos de la circulación sanguínea ya que el más fuerte movimiento de las moléculas no los sofoca. Lo mismo ocurre con el movimiento de cargas desplazables en el citoplasma: la estructura de cargas hidratadas móviles que en una célula mantiene una referencia a algún hecho exterior puede inducir electromagnéticamente una estructura que mantenga la misma referencia en otras células aunque no exista ningún tejido de conducción que las comunique. En 1971 compuse, a más de los debidos informes de los resultados obtenidos, un par de divulgaciones, y noté cierta dificultad conceptual generalizada para entender tanto la posibilidad de detectar una brisa cuanto el moldeo, por inducción, de interferencias que conserven referencias a objetos. La cuestión ciliar había desarrollado nuevas exigencias en los veinte años desde mi primer microscopio. Empero, esclarecer aquí este punto es necesario para entender la formación de los contenidos de cualquier psiquismo, reptiliano o no; y ese esclarecimiento a su vez requiere consideración de los organismos acelulares.

Es por ello que para apreciar cómo se llegó al menú de contenidos mentales del psiquismo reptiliano, así como de cualquier otro psiquismo en nuestra biósfera, ante todo hemos menester de una breve incursión en protistología - una suerte de necesaria zambullida protistológica. Pongamos manos a la obra. Para los ajustes en las agrupaciones taxonómicas protistológicas, alejadas a veces tanto de herpetólogos cuanto de psicofisiólogos, seguiremos, como

---

atraviesa los poros abiertos, carga la capacitancia de la neurona, y todos sus poros o canales reaccionan al voltaje resultante. Según el estado eléctrico que se establezca cerca del origen del axón, esta reacción se propagará, o no, como potencial de acción en ambas direcciones y afectado por la cito- y electroarquitectura local, es decir activamente regenerado o no; *cf.*, p.e., Michael London, Claude Meunier e Idan Segev (1999), "Signal Transfer in Passive Dendrites with Nonuniform Membrane Conductance", Journal of Neuroscience **19** (19; October 1), pp. 8219-8233.

otrora temiese[11] algún editor de la Society of Protozoologists, la selección de Cavalier-Smith[12] de sinapomorfías - empleada abajo para Metakaryota - contrastada con las más tradicionalistas propuestas de Corliss[13] y los estudios de Patterson[14] y Siddall *et al*.[15] (Para taxonomías infrafilum véase Sogin *et al*.[16] e Hirt *et al*.) Aunque contencioso[17], el desarrollo de taxonomías suprafilum es una herramienta conceptual esencial para nuestro tema. Su valor reside en la capacidad de suministrar mejor comprensión de las conexiones evolutivas entre organismos y de la consecuente variación en su capacidad de representar el cambiante entorno y conducirse en él.

Adquisiciones tempranas y características de las cilias

Las cilias fueron pues adquiridas por nuestros antepasados Archamoebae más o menos cuando estos, de complexión no muy diferente a las actuales amebas, todavía estrenaban la combinación de citosqueleto, núcleo y endomembranas, en el período Orosirio o inicios del Statherio. Antes que sus futuros undulipodios, es decir las cilias y flagelos, hubieran sido así adquiridos, ya habían tenido una larga historia. Los undulipodios habían sido Eubacteria libres, afines a las espiroquetas comensales que hoy nos causan enfermedades como la artritis de Lyme, la fiebre recurrente o la sífilis. Cosas mucho mejores les debemos de antaño, sin restarle cierta amarga razón a un neurobiólogo misántropo que deplorase nuestra descendencia de "amebas sifilíticas". Por supuesto tales espiroquetas hasta entonces no habían necesitado vivir en nin-

---

[11] Editorial "New Taxonomy - Old Problems", Society of Protozoologists' Newsletter. Posted onto the Internet forum <Protista@net.bio.net> on 2 May 1994 12:12:25 -0700, retrievable over BIOSCI International Newsgroups for Molecular Biology <wais-mail@net.bio.net>: source biosci; 1994.

[12] T. Cavalier-Smith (1993), "Kingdom Protozoa and Its 18 Phyla", Microbiol. Rev. **57** # 4, 953-994.

[13] J. O. Corliss (1994), "An interim utilitarian (user-friendly) hierarchical classification and characterization of the protists", Acta Protozool. **33**, 1-51.

[14] D. J. Patterson (1994), *Protozoan evolution and classification*, in: *Progress in Protozoology*: Proc. 10th Int. Cong. Protozoool. (Fischer Vlg., Berlin).

[15] M. E. Siddall; N. A. Stokes y E. M. Burreson (1995), "Molecular phylogenetic evidence that the phylum Haplosporidia has an alveolate ancestry", Mol. Biol. Evol. **12** # 4 (July), 573-581.

[16] D. Bernhard, D. D. Leipe, M. L. Sogin y K. M. Schlegel (1995), "Phylogenetic relationships of the Nassulida within the phylum Ciliophora inferred from the complete small subunit rRNA gene sequences of *Furgasonia blochmanni*, *Obertrumia georgiana*, and *Pseudomicrothorax dubius*", J. Euk. Microbiol. **42** # 2, 126-131.

[17] Como es sabido otras clasificaciones, no seguidas en este trabajo, remplazaron los Protista por el reino Protoctista de organismos unicelulares y sus descendientes multicelulares distintos de plantas y animales, que incluirían Protozoa, Euglenophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Heterokontophyta y Rhodophyta.

gún ambiente enriquecido en trifosfato de adenosina o ATP, un nucleótido que es la principal fuente de energía para las reacciones celulares. Se las arreglaban bien, ondulando por aguas con pizcas de materia orgánica para su austera dieta. Pero el citoplasma de nuestros antepasados resultó demasiado tentador y se le adosaron a su superficie, como moscas a la miel. Y en vez de enfermar a los hospedadores se beneficiaron mutuamente: ellas recibían ATP a montones y ellos recibieron movimiento, porque al ondular los undulipodios movían al hospedador - que pronto aprendió a controlar su movimiento en la dirección conveniente. Ya veremos cómo; de ese control, que esculpe una estructura volumétrica de interferencia en el tensor de potencial eléctrico en la base de las cilias, deriva la capacidad de nuestro gris cerebral para brindar sensaciones y un mapa del entorno (montado por medio de articular y situar mutuamente esas sensaciones) al psiquismo allí circunstanciado.

Control ciliar: *adaptación del desempeño de las cilias a eventos relevantes (p.e., para que el hospedador capture presas móviles), que resulta en un preciso direccionamiento de la natación. Siempre existió un nivel de regulaciones orgánicas que, dentro del organismo biológico, era el más superior de todos; este nivel siempre fue el que atendía las relevancias más rápidamente cambiantes que el organismo debía atender para subsistir. En nuestro organismo tal nivel lo desempeña la mente que adquirió, durante nuestro desarrollo intelectual, representaciones adecuadas ("conocimientos") de la realidad que fue relevante para nuestro ancestro. En los Cilióforos el mismo nivel lo desempeña el control ciliar.*

Coordinación ciliar: *la cadencia fisiológica colectiva del batir de las cilias (basada en mecanismos físicos similares a los que agilizan el vuelo de aves en bandada) que permite propulsión, sin hallarse adaptada a ninguna ocurrencia exterior en particular, y cuya modulación es el control ciliar. Las cilias baten, y así fustigan el agua "remando" en dirección opuesta. Ello ocurre porque dentro de cada cilia la coordinación de la actividad de las moléculas de dineína en su "eje" o axonema es puramente intrínseca a la maquinaria mecanoquímica del axonema*[18,19]*, cuyos ciclos de translocación molecular se completan cada cinco a diez milisegundos - proporcionando prototipos de motilidad incorporados y alistados de antemano*[20,21] *que sólo requieren un apropiado medio iónico alrededor del axonema e hidrólisis del ATP.*

Los axonemas son cilindros estructurales, embutidos en extensiones de la membrana celular de alta resistencia eléctrica, que generan mecanoquímicamente la fuerza ciliar por

[18] S. J. Lieberman, T. Hamasaki y P. Satir (1988), "Ultrastructure and motion analysis of permeabilized Paramecium capable of motility and regulation of motility", Cell Motil. Cytoskeleton **9**, 73-84; G. B. Witman (1990), "Introduction to cilia and flagella", in R. A. Bloodgood, ed., *Ciliary and flagellar membranes* (Plenun, N. York).

[19] K. A. Johnson (1985), "Pathway of the microtubule-dynein ATPase and the structure of dynein: a comparison with actomyosin", Annu. Rev. Biophys. Biophys. Chem. **14**, 161-188.

[20] J. Avolio, S. Lebduska y P. Satir (1984), "Dynein arm substructure and the orientation of arm-microtubule attachments", J. Mol. Biol. **173**, 389-401.

[21] M. Bessen, R. B. Fay y G. B. Witman (1980), "Calcium control of waveform in isolated flagella axonemes of Chlamydomonas", J. Cell Biol. **86**, 446-455.

ciclos a partir del ATP disuelto, al par que proveen el módulo de Young para transmitirlo al agua ("latigazo")[22]*, soltando los desechos de su actividad cíclica dentro y fuera de la membrana del organismo. El lugar de la oscilación yace pues dentro de cada cilia*[23, 24] *y genera oscilaciones quimioeléctricas. Por eso las cilias formadas en cualquier tejido, incluso en nuestro propio parénquima neuronoemático o substancia gris cerebral, aunque no desempeñen ningún papel funcional se tornan automáticamente mótiles al rodearse de las condiciones apropiadas; las cilias adquiridas fueron capaces de batir autónomamente desde su primera adquisición en la era Statheria. Cuando las cilias están dispuestas en filas, su batir se acopla hidrodinámicamente y por ello las cilias baten metacrónicamente, es decir como en la caída de un dominó. Ello brinda la coordinación ciliar, también automática. Así, en las filas, cada cilia añade momento impulsor al agua ya puesta en movimiento ("cuchareada", como veremos luego) por la cilia adyacente, propulsando al organismo entero. A su vez, el sistema de control ciliar le superpone comandos moduladores a este metacronismo.*

Y aquí comienza nuestra historia familiar, con este matrimonio. Porque se "casaron": el conjunto de instrucciones codificadas, o genes, para armar las moléculas cuyo arreglo forma las cilias, fue transferido desde las eubacterias espiroquetoides al hospedador Archamoeba. Este empezó a generarlas en su superficie - donde le convenía a él para moverse - como pequeños órganos suyos, u organelas. ¿Puedo mencionar que esa superficie es el segmento corporal que mucho más tarde iba a generar el ectodermo, de donde se origina el sistema nervioso?

Los nuevos genes, pues, se alojaron en el núcleo del hospedador. Todavía ahora los tenemos en el núcleo de cada una de nuestras células nucleadas, sus descendientes. Allí los "expresamos" dejándoles formar cilias solamente en los tejidos en que nos conviene, como en porciones del epitelio interno de los oviductos o la tráquea - aunque muchas veces no los regulamos del todo y los dejamos formar cilias sin función específica pero que no molestan; ello nos pasa en cualquier tejido y especialmente ocurre en muchas neuronas en el seno de nuestra substancia gris. A los reptiles les pasa lo mismo; pero volvamos a nuestros lejanos antepasados comunes, las Archamoeba, primeros hospedadores de los genes para formar cilias.

---

[22] Michael A. Sleigh (1971), "Cilia", Endeavour **30**, 11-17; M. A. Sleigh, ed. (1974), *Cilia and flagella* (Academic Press); D. Bray (1992), *Cell Movements* (Garland, New York); M. Murase (1992), *The dynamics of cell motility* (Wiley).

[23] Peter Satir y Michael A. Sleigh (1990), "The physiology of cilia and mucociliary interactions", Annu. Rev. Physiol. **52**, 137; M. A. Sleigh, ed. (1974), *Cilia and flagella* (Academic Press); H. Machemer (1986), "Electromotor coupling in cilia", in C. Luttgau, ed., *Membrane control of cellular activity*, Fortschritte der Zoologie vol. 33 (Fischer, Stuttgart) pp. 205-250; R. Eckert (1972), "Bioelectric control of ciliary activity", Science 176, 473-481.

[24] P. Satir, "Mechanism of ciliary movement - What's new", News in Physiological Sciences (NIPS) **4**, 153; "Mechanisms of ciliary movement", Scann. Microsc. **6** (1992), 573; "Studies on cilia" I, II and III: J. Cell Biol. **18** (1963), 345 ss.; 26 (1965), 805 ss.; and 39 (1968), 77-94.

Los nuevos genes incorporados al núcleo de las Archamoeba producían y soltaban en su citoplasma las proteínas que iban a dirigir la formación de cilias; desde el citoplasma las moléculas precursoras así inicialmente formadas eran tomadas por otras organelas internas para dejarlas autocomponerse formando cuerpos basales, cada uno de los cuales minimizaba sus inestabilidades termodinámicas haciendo crecer una cilia sustentada en su continuidad con el nutritivo citoplasma del hospedador - por donde la cilia siempre continuaba disponiendo de más energía y materiales. Por cierto tal nicho era para cada cilia más acogedor que ondular vagarosa, suelta pero necesitada, en aguas libres.

Pero tampoco era tan, pero tan ubérrimo, que se diga: por medio eón, o unos quinientos millones de años todavía, el hospedador no tenía mucho más que dar. Sólo tras ese tiempo el hospedador Archamoeba adquirió peroxisomas, también del mismo modo (llamado endosimbiosis). Así los ejemplares que incorporaron peroxisomas comenzaron a sobrevivir mucho mejor porque un veneno, el oxígeno soltado por la proliferación de algas verdiazules, se había acumulado tanto en el aire y en las aguas que mataba por oxidación a todos los otros. Había habido un gran evento de oxidación hace unos 2300 millones de años, disparado por una gigantesca glaciación previa, pero el oxígeno no había aumentado tanto aunque posiblemente indujo la primera adquisición de mitocondrias (ref. 6 sugiere una antigüedad de 1967 ± 65 millones de años para el último antepasado común de los eucariotas mitocondriados, y otros estudios sugieren 1840 ± 200 millones de años). Ahora los peroxisomas gastaban el nefasto oxígeno antes que destruyese al organismo. Y aún algo después el hospedador adquirió de igual modo mejores mitocondrias, para aprovecharlo combinándolo con la ingente energía disponible por vía del ATP.

Es muy importante tener claro qué se había conseguido con todo esto. Antes de procurarse sus cilias, las Archamoebae no carecían de reacciones bien adaptadas. Seguramente habrán tenido varias clases de receptores quimiotácticos de membrana, iniciadores de diversas rutas de transducción de señales que se cruzaban e interactuaban entre ellas. Todavía medio lerdas (menos lerdas, también con seguridad, que su alimento), estas Archamoebae holozoicas probablemente detectaban químicamente las acumulaciones de sus presas bacterianas a cierta distancia por medio de las delatoras emisiones de ácido fólico de las bacterias, antes de topar con ellas y cuando estas se desplazaban por alguna superficie subacuática. *A fortiori*, deben haber podido identificar con su consecuente conducta todos los episodios de contacto pleno con tales presas, a fin de englutírselas. No carecían, por cierto, de potencia locomotiva. Las fuerzas tractivas obtenidas por la afiatada contractibilidad de la actomiosina deben haberlas dotado de una maquinaria contráctil bien desarrollada, capaz de controlar la adhesividad, en conexión estructural con la superficie del organismo unicelular. Pero ... la ingesta alimentaria no debe haberse practicado por ningún sitio fijo - citostoma o "boca" - ni debe haber requerido, en consecuencia, la adopción de ninguna postura especial para alimentarse. Estas Archamoebae holozoicas deben haber dispuesto de aprendizaje adaptativo en la forma de algún ajuste de sus quimiosensitividades, hasta el punto de

cesar reversiblemente de responder a cambios en la intensidad del estímulo[25], re-adquiriendo su quimioresponsividad tras un período adaptativamente adecuado sin cambios detectables. Igualmente es lo más probable que estas Archamoebae paleoproterozoicas degradaran rápidamente sus señales intracelulares, para afinar el curso temporal de sus respuestas a las señales solubles del alimento y a las posibles feromonas de recombinación genómica. También es lo más probable que ya poseyeran los receptores altamente conservados afines a los neurotransmisores con siete regiones transmembrana desensibilizadas por fosforilación, e incluso varios caminos reaccionales paralelos a los presentes en Cordados modernos. De lo que nuestros antepasados las Archamoebae paleoproterozoicas nunca podrían haber dispuesto antes de adquirir cilias, es de ningún mapa ambiental, allende el mero muestreo de gradientes.

Cambiando su forma se deslizaban por los gradientes (quimiocinesis orientada por gradientes, *gradient-oriented chemokinesis*) englutiendo cuanto nutriente contactaban. ¿Para qué más? Vivían donde los nutrientes abundaban. ¿Para qué registrar tales novedades antes de englutirselas, aunque fuera apenas antes? ¿Cuándo llegaría la hora de mapear los eventos del entorno?

Aporte del sistema electrobiológico de control ciliar a las funciones integrativas de relación

Representarse (procesalmente, no mentalmente; ya mencioné que no había ninguna existencialidad circunstanciada a estos organismos) algún contenido particular de la situación ambiente, representando la situación y procesando al contenido relevante como tal - es decir distinguiéndolo como singular - por medio de transiencias fisiológicas cuya interactividad fuese explotada para "gatillar" conducta eficaz, es una referencia a objetos por mapeo. Esta referencia a objetos es epigenética. Vale decir que no ocurrió con la mera incorporación, al núcleo de las Archamoebas, de genes para formar cilias. Necesitaba otro hecho paleoneurobiológico adicional, que muy pronto fue objeto de selección natural: la adquisición de sistemas electrobiológicos de control ciliar. Estos fueron capaces de formar los primeros contenidos de alusión en la biósfera terrestre (alusiones no mentales, repito): relacionando relaciones la semiosis analógica trazó mapas. Tal avance en las funciones integrativas de relación fue seleccionado por la colonización de nichos ecológicos loculados diferentemente; veamos cómo posiblemente ocurrió.

Ante todo ha de verse que las cilias eran baratas. La "baratura" o módico costo proporcional de la energética ciliar para la economía energética de su hospedador fue inicialmente una verdadera simbiosis. Aunque *también* los mús-

[25] D. J. Hinkle y D. C. Wood (1994), "Is tube-escape learning by protozoa associative learning?", Behav. Neurosci. **108** # 1 (Feb.), 94-99.

culos de los animales surgieron remotamente de efectores ciliares[26, 27, 28, 29] que asimismo acomodan moduladores de actomiosina, a diferencia de la musculatura los metacrónicos efectores ciliares no exigen distraer del organismo ninguna costosa provisión de energía dedicada especialmente para las cilias. En un cómputo de costo/beneficio, las cilias no consumían mucha energía del hospedador pero le proveían de muchos más recursos que los que consumían, transportándolo a cazar sus presas. Es como si las pulgas nos trasladaran a banquetear gratis para mantenerlas. Esto fue lo que permitió ingresar mapas de eventos en el control ciliar, antes de la adquisición endosimbiótica de peroxisomas y mejores mitocondrias. Tal adquisición de peroxisomas y nuevas mitocondrias sólo ocurrió alrededor de 1200 millones de años ha, quinientos o más millones de años después de la incorporación de los genes para producir cilias del tipo axonemático (9 + 2) al genoma del hospedador, incorporación que había traído, con gran rapidez en escala evolutiva, el mapeo de eventos o representación de singularidades en su ambiente. La añeja adquisición de undulipodios, con toda posibilidad, fue completada por dos pasos en secuencia que, como vimos, habían sido ya adquiridos alrededor de 1750 millones de años ha:

- Ante todo, seguramente las cilias recién adquiridas simplemente siguieron proveyendo el mismo vagabundeo estocástico sin mapeo, previamente brindado, a algunas Archamoebae, por bacterias espiroquetoides simbióticas adosadas a su superficie, cuya re-producción no se había incorporado aún al genoma del hospedador. Incluso posiblemente las cilias recién adquiridas, formadas por el genoma del hospedador como endosimbiontes de superficie, se entremezclaban todavía en la superficie de la Archamoeba con bacterias espiroquetoides extrañas, recién capturadas, que habían estado nadando libremente y formaban undulipodios genéticamente aparte.

- En tal estado, el próximo paso evolutivo, prontamente alcanzado, consistió por cierto en dirigir ese vagabundeo estocástico hacia cualquier agregación flotante que interfiriese por su contacto viscoso con el batido automáticamente coordinado de las cilias. Para ello fue necesario estar mapeando fisiológicamente, es decir con posibles reacciones, toda el área corporal de posibles contactos e identificar reaccionalmente dónde había sobrevenido cada contacto viscoso, establecer la nutrimentalidad de su causante y, si resultare ser en realidad un nutriente, capturarlo y englutirlo.

---

[26] M. Crocco (1963), "La cilia de las neuronas centrales, reliquia del tronco común de motilidad y percepción"; poster, Escuela Normal de Profesores Nro. 2 Mariano Acosta, Bs. Aires.

[27] M. Crocco (1971), *Filogénesis de los mecanismos intraencefálicos de posicionamiento objetal*, com. al Consejo Nac. de lnvestigaciones Científicas y Técnicas, Presidencia de la Nación.

[28] M. Crocco (1971), "Conciencia, inconsciente, interioridad y modelos holográfico-holofónicos", Rev. Arg. de Psicologia # 11 (Junio), 55 - 66.

[29] M. Crocco (1972 a), *The Integrative Cosmological Subprocess*, com. al Consejo Nac. de lnvestigaciones Científicas y Técnicas, Presidencia de la Nación, 6 junio 1972; (1972 b) *The Origin of Interference Object Constructions in Brains*, ibidem, Agosto 1972.

Esta capacidad de cambio oportuno, desde un vagabundeo sin meta a una conducta de captura, es la diferenciación evolutiva clave, orientada hacia objetos, de nuestro interés.

Estimemos la rapidez de esta selección: *¿cuántos miles de generaciones puede haber tomado la selección natural del control adaptado a eventos, por sobre la recién adquirida coordinación ciliar automática con quimiocinesis orientada por gradientes?* Debe valorarse la gran importancia, de los ajustes del organismo en tiempo y posición a las más efímeras relevancias ambientales no rutinarias, en el proceso de colonizar nuevos nichos donde la siempre cambiante distribución de nutrientes se hallare menos aglutinada, repartida en pequeñas porciones móviles separadas entre sí por distancias mucho mayores que la escala de tamaños ingeribles. Debido a la frecuente ocurrencia y disponibilidad de esos nichos, las presiones de selección deben haber sido *ingentes a* favor de un control ciliar ajustado a eventos, versus las favorables a mantener una mera lectura-ajustada-a-gradientes de relevancias ambientales que se transformasen a un compás más lánguido.

Además, las transiciones cruciales suelen proceder con gran rapidez. Las señales de la primera vida microbiana en nuestro planeta remiten a la mismísima época de la era Eoarcaica (o Hadeana) terminal, 3900 millones de años atrás, en que el planeta se tornó capaz de sostener una biósfera más o menos estable - tal vez aprovechando alguna reducción en el último bombardeo intenso de cometas y grandes asteroides, que duró desde 4100 a 3800 millones de años ha. Ello ocurrió dentro del eón Arcaico, el mismo que comenzó con la formación del planeta[30], en años que contaban mil setecientos días de sólo cinco horas, y duró unos mil millones de años que al terminar, hace 3600 millones de años, ya contaban cada uno mil cien días de ocho horas. Aquellos primeros organismos terrestres se originaron pues muy velozmente, incluso bajo grandes impactores que crearon más de diecisiete mil cráteres de gran tamaño, centenares de ellos mayores que las actuales Europa o Australia, cuyas salpicaduras deben haber llegado hasta Marte; y, también tal vez, aprovecharon la caída diaria de varias toneladas de moléculas orgánicas (que aún persiste, pero no halla ya las condiciones para producir el mismo efecto) en el polvo cósmico originado en las regiones frías de la nube interestellar que había engendrado el sistema solar. ¿Más ejemplos? Las cianobacterias "saltaron" del agua a la tierra firme ni bien la capa de ozono las escudó de la radiación ultravioleta, hace 2700 o 2600 millones de años en el Neoarcaico medio. Y si, bajo presiones selectivas mucho más endebles que aquellas mencionadas en pro de un control ciliar ajustado a eventos, una docena de millones de generaciones, cada una de las cuales llevó años, limpiamente convirtió en mamíferos marinos a los antepasados de nuestros felinos y vacunos, y sólo medio millón de generaciones con una mutación en el gen ASPM cada 300.000 o 400.000 años más que triplicó nuestros substancia gris desde los homínidos

[30] Nuestro planeta y nuestro sol se formaron hace unos 4600 millones de años, cuando nuestro subuniverso ya había evolucionado astrofísicamente durante dos tercios de su historia, iniciada hace 13.700 millones de años con el "big bang" local. Ambos segmentos forman un único proceso de relajación, la evolución astrofísico-biológica.

tempranos del Mioceno superior, como *Sahelanthropus*, *Orrorin* y *Ardipithecus kadabba*, a los de nuestra financiarizada aldea planetaria, *también el añadido de un control ciliar ajustado a eventos sobre las instrucciones recién introducidas al genoma para hacerse con un equipamiento ciliar debe, igualmente, haber sido paleontológicamente instantáneo.*

¿Cuánto tiempo demoró? Para estar extremadamente seguros, digamos que menos de alrededor de un cinco por ciento del tiempo transcurrido desde entonces. Eso significa, seguramente, menos de cien millones de años, y todavía *muy probablemente* (considerando que el período de generación de protistas y protozoos, que toma sólo algunas decenas de minutos, es mucho más breve que el de cetáceos y homínidos[31]) *menos que unos pocos millones de años*, que las evidencias actualmente disponibles sitúan sin ninguna duda entre 2000 y 1650 millones de años ha, con las posibilidades centradas alrededor de 1750 millones. Tal vez lo mismo que la más que triplicación de nuestro gris cerebral. Otra rapidísima, crucial innovación paleoneurobiológica.

Para asegurarle oportuna adecuación espaciotemporal al "mordisco", es decir a la respuesta de alimentación dirigida a objetos, este mapeo de eventos requiere la *interferencia* entre (1) los *efectos disruptivos del contacto viscoso con un posible alimento* y (2) la *frecuencia espacial* del patrón de oscilaciones de las fuentes de campo eléctrico en la corteza citoplásmica del ciliado (sea que tales fuentes estén moviéndose en el citoplasma como iones libres envueltos en sus capas de hidratación, o bien que se organicen por otra vía, por ejemplo por plasmones citoesqueléticos), oscilaciones que controlan el batido ciliar ya coordinado a su vez por otros medios. Esa interferencia forma ondas estacionarias, las que fueron científicamente descriptas por primera vez por Galileo pero objeto de altísima curiosidad para la física décimonónica. Esta se ocupó mucho de ellas, en una línea como las resonancias de Chladni (1802) y en otra línea como las ondas estacionarias en las interferencias de sonido estudiadas por Young (1800), Savart (1819), Hopkins (1834), Quincke (1866), Helmholtz (1871) y Lissajous (1873). Jakob, trabajando en el laboratorio donde trazo este relato, las describió a partir de 1906 en la neurodinámica cerebral, en lo que hoy conocemos como sus modelos holográfico-holofónicos. Desde los años de 1960 a tales ondas estacionarias las comprendemos como partes de estructuras de interferencia conocidas indeterminadamente como correlogramas, partes que conservan información acerca del evento que las generó. Pero cuando se corporizaron fisiológicamente, en la electrodinámica del control ciliar que permitía a los primitivos eucariotas dirigir su natación hacia el alimento, no existía aún ningún cerebro en la biósfera terrestre, ni neurodinámica alguna que aprovechase las aptitudes de estas "ondas estacionarias" para aludir a los eventos de contacto viscoso que, al generarlas transitoriamente, habían perturbado la regularidad de la estructura espaciotemporal que controlaba el batido de las cilias.

---

[31] El período de generación de protistas y protozoos, entre los cuales por lo común cada individuo agrega un descendiente cada pocas *decenas de minutos*, es centenares de miles de veces más breve que el de cetáceos y homínidos, cada dos de los cuales dan más crías pero tardan en promedio una o dos *decenas de millones de minutos*.

Esas transiencias internas estructurales eran articulables para representar homeomórficamente - o sea, por similitud de forma - eventos ambientales e intraorgánicos (*ambiente* e *introyente*, en términos de Jakob). También permitían amplificar adaptativamente sus propias interacciones físicas recíprocas, por las que ellas se enlazan como unidades dentro del resultante "mapa" bicontinuo de eventos ambientales e intraorgánicos.

Tal interferencia fue el medio físico que posibilitó la mencionada novedad evolutiva en nuestros antepasados, las "amebas sifilíticas" convertidas ya en florecientes ciliados. Esta *segunda* fase principal de la evolución de los eucariotas ocurrió en el Mesoproterozoico medio y final; recordemos que los tiempos llegados después del Paleoproterozoico, es decir las últimas dos eras geológicas del Proterozoico, son esta era Mesoproterozoica, que perduró entre 1600 y 1000 millones de años ha, y la era Neoproterozoica que le sucedió y se mantuvo entre 1000 y 542 millones de años ha. Y bien: la mencionada novedad evolutiva ocurrió probablemente entre 1300 y 1100 millones de años ha, es decir durante el intervalo que reúne los cien millones de años finales del período Ectasiano y los cien millones iniciales del período Steniano. Consistió en la crucial transformación, de nuestros antepasados Archamoeba mapeadores, con la mencionada adquisición endosimbiótica - también termodinámicamente preferida - de peroxisomas y mejores mitocondrias. Estos pudieron utilizarse porque se disponía de un medio para mapear los eventos del entorno con una velocidad adecuada para seguirlos.

Sin ese medio no hubiera habido presión de selección para retener esas mitocondrias y peroxisomas, tal como tampoco podría haber presión de selección para retener patines de carrera a fin de que los no videntes se desplacen más ligero en nuestras calles. Y este medio era la reacción del control ciliar a los encuentros con que el ciliado se topaba en el entorno.
Por entonces los ciliados mapeadores de eventos ya llevaban largo tiempo nutriéndose en base a esta habilidad, como vimos. Considerémoslo nuevamente, añadiendo ahora algún detalle importante más a la escena. Pronto algunos de estos ciliados, que hace unos 1750 millones de años estaban dotados de crestas mitocondriales discoides (no aún tubulares, y menos lisas), habían evolucionado formando los primeros metacariotas capaces de nadar – más bien, atornillarse en el medio acuoso – con vigor suficiente para moverse raptorialmente (es decir, "cazando") con provecho a través de distribuciones de presas mucho más dispersas.

Estas eran distribuciones "ralas", que no proveían alimento con la isotropicidad antes explotada. En esta isotropicidad, o prodigalidad similar a la de los sitios donde nosotros podemos hallar oxígeno que respirar al movernos por la atmósfera, el hospedador Archamoeba de hace 1800 millones de años no había sacado beneficio de las pocas cilias que casualmente se le adosaban a la superficie, porque había podido moverse al azar, hacia cualquier lado ("isotrópicamente", como nosotros para seguir respirando), y no obstante obtener alimento suficiente; no le hacía falta cazar sus bacterias, tal como en pasturas abundantes nuestro ganado no necesita cazar esculentas matitas de forraje. Esta necesidad en cambio empezó a imponerse cuando se comenzaron a ex-

plotar distribuciones donde las presas no eran tan numerosas ni permanecían tan cerca y se hacía menester seguirlas, es decir, *cobrarlas*. Estas nuevas distribuciones estaban, pues, *repartidas o loculadas en una nueva escala de grano y exigían mayor rapidez de captura*. Se estaba conquistando un nuevo nicho ecológico. Y alrededor del tránsito del período Ectasiano al Steniano, hace 1200 millones de años (cien millones más, cien menos), la disponibilidad de mucha mayor energía en el organismo con peroxisomas y mitocondrias perfeccionadas permitió explotarlo mucho mejor. Dióse un gran salto en velocidad y capacidad de movimiento sin ningún cambio substancial en el mecanismo de base: el control ciliar siempre explotaba la interferencia de la presa con la coordinación ciliar.

La nueva capacidad, de "pastar" en aguas loculadas con nutrientes en una escala de granulación ampliada, requirió este gran salto crucial en las funciones integrativas de relación. "Funciones de relación", recordemos, son las que relacionan al organismo con su ambiente. Tal salto llevaría, más de otro medio eón más adelante o sea hace menos de 700 millones de años, a la selección natural de medios para generar, en las mentes que en aquel momento comenzarían a eclosionar regularmente en estructuras espaciotemporales de campo sostenidas por el funcionamiento de ganglios nerviosos, contenidos mentales adecuados a las necesidades de la adaptación a sus distintos ambientes, mapeando los eventos del entorno.

En torno a los "goznes" – la diferenciación del reino animal

¿Qué había ocurrido en el eón precedente? *Toda ampliación de la escala espacial del reparto o loculación de los nutrientes conlleva acortar proporcionalmente la escala duracional de su encuentro.* Se hace necesario comerse lo que casualmente se nos acerca antes de que vuelva a alejarse fuera de alcance. Esto suministró la presión de selección para refinar la conducta ingestiva de nuestros predatores antepasados (ancestro también de todos los Animalia, va sin decir) de modo de nutrirse explotando encuentros más elusivos, o eventos más efímeros ... que exigen al cazador direccionamiento más preciso. Para lo que se usa el mapa fisiológico y se lo actualiza siguiendo el progreso de los hechos con suficiente proximidad.

En los nuevos nichos, más gruesamente loculados, los eventos de cercanía al alimento se hicieron más fugaces, y requirieron operar en una nueva escala duracional, más breve. Las ocasiones de comer se desvanecían con una rapidez que previamente había impedido explotarlas. Aprovecharlas exigía reacciones más rápidas y dirigibles. Había que mapear mejor el ambiente y proceder sin demora. Los lerdos habrían de volverse al viejo nicho, so pena de ayuno e inexorable extinción.

Pero el hambre aprieta. Las escaladas de conducta raptorial no aguardaron la multicelularidad y la diferenciación de tejidos, mucho menos la de neuronas y sinapsis, a fin de articular las acciones que forman el comportamiento "celu-

lar". Algunos de los primeros metacariotas, por supuesto acelulares (aunque es posible que luego, aún antes de originarse la multicelularidad, hayan mantenido dos o varios núcleos en su fase trófica, en algún momento quizás alojados en sendos alvéolos), estaban detectando y reaccionando de manera nueva a estos eventos desperdigados de cercanía al alimento. Lo hacían mientras avanzaban, *en las inestables posiciones de la natación libre* - proeza cardinal, que excede todas las posteriores adquisiciones del vuelo aéreo.

Esa forma nueva está probablemente conservada en los géneros de ciliados modernos, entre los cuales *Paramæcium* constituye un *locus classicus*. Son estos los ciliados que con sus reactivas cacerías mantienen cristalinos los arroyuelos de montaña y barren de las aguas contaminadas muchos gérmenes patógenos. Más llamativo aun es *Didinium*, similar a un barrilito con punta, propulsado por cinturones de cilias, que ataca a los paramecios con la punta por delante. Rodando veloz por el agua maniobra, alinea la presa con su citostoma o "boca" y la ingiere abriendo tal "boca" y tragándose la presa entera. Los *Didinium* pueden engullir paramecios que los duplican en corpulencia y repetir su notable desempeño una docena de veces al día. Las "amebas felizmente sifilíticas" lograron valerse de sus "patines de carrera" porque no eran "ciegas" sino capaces de cazar aprovechando los "choques".

Empero, en estos modernos Protozoos maniobrantes, su alta complejidad genética, que supera la de numerosos Animales, sus mitocondrias perfeccionadas, así como los múltiples usos de sus alvéolos corticales, son todas diferenciaciones seguramente mucho más frescas que el sistema de control de su coordinación ciliar. Además, el filum Ciliophora, antes llamado Ciliata, es inadecuado para considerarlo nuestro antepasado "protoopalozoario" del Mesoproterozoico; ello es así porque, en los toscamente estimados tiempos en que el filum Ciliophora emergía de protalveolados que conservaban crestas mitocondriales tubulares, hacía ya mucho que nuestro ancestro Opalozoario estaba embarcado en una via colateral platicristada bien diferenciada, que conducía hacia la organization coanozoaria[32]; estos Coanozoos integran el último grupo común del que evolucionó todo el reino animal.[33] Los parientes protis-

[32] P. O. Wainwright, G. Hinkle, M. L. Sogin y S. K. Stickel (1993), "Monophyletic origins of the Metazoa; and evolutionary link with fungi", Science **260**, 340-341.

[33] D. Goode ha confirmado en comunicación personal que la evidencia se mantiene firme en este punto, como es por otra parte usualmente aceptado. Como es bien sabido, tras la propuesta de Haeckel conocida como teoría de la gastrea in 1874 [E. Haeckel (1874), *Die Gastrëa Theorie*, Jenaische Z. Naturwiss. **8** # 9, 10; ver sus precursores en "Enstehung der ersten Organismen", in *Generelle Morphologie der Organismen* 1, pp. 167-190 (G. Reimer, Berlin, 1866); cf. M. Traube, Zbl. med. Wiss. 97-113 (1866); Physiol. Lpz. 87-129 (1867)], hubo tres grupos principales de teorías, ahora impugnables: la del origen de los "metazoarios" en Ciliophora *sensu stricto* (hoy cronológicamente indefendible) o "teoría sincicial" elaborada especialmente por Hadzi en 1953 y Hanson en 1958; la "teoría colonial" principalmente adoptada por Haeckel (con una importante modificación por Metschnikoff en 1886); y varios escenarios polifiléticos, la mayoría recientes. Para ajustarse a los nuevos fósiles [S. A. Bowring *et al*. (1993), "Calibrating rates of early Cambrian evolution", Science **261**, 1293] y al creciente número de secuencias moleculares que

tas más próximos a los Animalia son pues los coanoflagelados.[34] El antecesor común apareció hará unos mil millones de años[35], es decir con la iniciación del Neoproterozoico, y originó:

1) El linaje coanoflagelado;

2) El linaje animal (espongiarios, luego cnidarios[36], luego el resto);

3) El linaje fungal (primero quitridiomicetos, luego los zygo-asco-basidiomicetos; el resto de los "fungi" no desciende filéticamente de estas formas).

No es posible pues resucitar[37, 38] por vía sincicial (un sincicio es una masa de citoplasma multinucleado sin separación de células, que es posible haya pre-

---

establecían quimioafinidades entre taxa, estos grupos de teorías necesitaban "modulación" por vía de introducirles selectas combinaciones de heterocronías, restricciones taxonómicas e intrusivas endosimbiosis – adiciones que no raramente evocaban los epiciclos forzosamente añadidos a las "órbitas circulares perfectas" para mantener una astronomía planetaria ptolomeica de círculos divinos.

[34] Ch. J. O'Kelly, comunicacion personal. Ello se fundamenta en las secuencias de genes (*nuclear-encoded small-subunit ribosomal-RNA*), y en un importante trabajo de Franz Lang y colaboradores [B. F. Lang, Ch. J. O'Kelly *et al*., ver el sitio de red Monosiga en <http://megasun.bch.umontreal.ca/People/lang/FMGP/FMGP.html>] en secuencias génicas de proteínas del genoma mitocondrial. Lang, O'Kelly *et al*. concluyen que los coanoflagelados comparten un antepasado común con animales y fungi, sin pertenecer directamente al linaje animal como sugirieran Wainwright *et al*. y Cavalier-Smith. *Cf.* Alexandra Stechmann y T. Cavalier-Smith (2003), "Phylogenetic analysis of eukaryotes using heat-shock protein Hsp90", J. Mol. Evol. **57** (4; Oct), 408-19, donde afirman: "Choanozoa are clearly sisters to animals."

[35] R. F. Doolittle, D.-F. Feng, S. Tsang, G. Cho y E. Little (1996), "Determining divergence times of the major kingdoms of living organisms with a protein clock", Science **271**, 470-476.

[36] Cnidaria, los Animalia más primitivos con sistema nervioso organizado, forman un filum de simples organismos diploblastos como las medusas, hidras, actinias y corales, entre cuyos escasos tipos de tejido se ha diferenciado uno especializado en la conducción nerviosa. En cuanto diploblastos, tanto el estrato embrionario que mira hacia afuera como el que lo hace hacia adentro encaran superficies, y en ellas el espacio intercelular es poco necesario; los intersticios mayores aparecieron con la innovación de los triplobastos, el mesénquima de los tejidos profundos. La divergencia de los Cnidaria del resto de la línea metazoaria puede preceder por unos pocos cientos de millones de años [S. C. Morris (1993), "The fossil record and the early evolution of the Metazoa", Nature **361**, 219-225] a la radiación de los mayores fila de triploblastos bilaterios – ya bien diferenciados en el Proterozoico terminal (650 a 570 millones de años ha), como lo atestigua el protostoma béntico *Kimberella*. Cf. J. Y. Chen, P. Oliveri, F. Gao, S. Q. Dornbos, C. W. Li, D. J. Bottjer y E. H. Davidson (2002), "Precambrian animal life: probable developmental and adult cnidarian forms from Southwest China", Dev Biol. **248** (1, Aug 1): 182-96.

[37] J. Hadzi (1953), "An attempt to reconstruct the system of animal classification", Syst. Zool. **2**, 145-154.

cedido a la multicelularidad) ningún extemporáneo "linaje paramecio para la humanidad". Pero los detalles de la situación, así como las etapas inmediatamente conducentes a ella, son todavía controvertidos. No obstante, no es necesario tenerlos establecidos para avanzar con el presente relato. Como los sistemas undulipodiales (el ciliar y el flagelar eucariota) son muy anteriores a cualquier postremo antepasado común putativo de los Animalia, el *control* pre-Animal de la coordinación ciliar, reflejador de eventos y espacialmente o volumétricamente distribuido, puede indistintamente haber pasado conservadoramente a los fila animales de cualquier modo, via cualquiera o cualesquiera linajes filogénicos pre-coanoflagelados, incluso a través de para-coanoflagelados con nutrición abductiva. Incluso la situación no cambia si, como algunos analizan, el origen de los "metazoos" hubiera acontecido como pasaje desde un protozoo hacia un *par simbiótico protocigota ancestral* a una cigota "metazoaria"[39] u otras endosimbiosis de varios protistas. A esta situación paleoneurobiológica la llamamos en mi laboratorio "equivalencia de bisagras", en inglés "*hinges equivalency"*.

Vale la pena recordar aquí que los cuatro reinos celularizados o multicelulares de nuestro planeta (Animalia, Fungi, Chromista y Plantae; los otros cuatro son acelulares, es decir mantienen una sola copia del genoma por cada individuo) se diferenciaron bastante después de que se tornase ampliamente disponible la implementación fisiológica que, por medio de dispositivos de interferencia, ajustaba al entorno el nivel más superior de regulaciones orgánicas. En la diferenciación de la biodiversidad terrestre, esta implementación fue conservada a través de la segregación taxonómica en nivel reino, desde Protozoa a Animalia, durante la evolución de las funciones integrativas de relación.

Así pues, el reino protista Protozoa es antecesor del reino animal, más reciente, en el cual las regulaciones neuronoemáticas fueron seleccionadas. Fue en este contexto que, entre 1964 y 1971 con resultados en 1969, el mencionado cotejo detallado de las presentaciones de cilias en todos los taxones con cilias de nuestro planeta me evidenció la necesidad de reivindicar formalmente la homología filética (es decir, la derivación paleontológica por descendencia histórica) del esqueleto electromagnético del parénquima neuronoemático - con su función de proveer a los psiquismos en él eclosionados un desarrollo intelectual adecuado a la supervivencia en cada entorno - a partir del sistema neuroeléctrico de referenciamiento y control ciliar en los organismos sin regulaciones mediadas por psiquismo que, por entonces, englobábamos como Infusoria o ciliados: ancestro también del bien monofilético filum Ciliophora de los actuales Alveolata Neozoa en Bikonta Dictiozoa. Precisamente a estos se los agrupa según sus morfologias subciliares[40], que constituyen la región ana-

---

[38] E. D. Hanson (1958), "On the origin of the Eumetazoa", Syst. Zool. **7** #1, 16-47.

[39] J. Costagliola (1992), "La symbiose du spermatozoide et de l'ovule, origine de l'ontogenèse et de la phylogenèse des métazoaires", Acta Biotheoretica. **40** # 2-3, 253-270.

[40] Se los agrupa en tres subfila: Tubulicorticata, que presentan bajo las cilias un entrelazado cortical de microtúbulos; Filicorticata, con un característico borde ecto-endoplásmico microfibrillar; y Epiplásmata, con un estrato epiplásmico submembranal.

tómica capital (cuyas funciones luego asumiría el ectodermo, en los multicelulares) para la evolución de las funciones de relación capaces de resolver los eventos más rápidos de importancia biológica.

Como vimos, para nuestro linaje coanozoico los ciliados pre-Ciliophora son más importantes que estos. La emergencia de los Ciliophora en el linaje eucariota, parte de un proceso de diferenciación más amplio conocido como "radiación eucariota terminal", ocurrió relativamente tarde. En cuanto a datación absoluta, el "reloj" del ARN ribosómico y otros se mantienen algo discrepantes y sus lecturas extremas varían entre 1300 - ver Ref. 41 - y 800 millones de años ha.

La etapa ciliar en la filogenia de la inteligencia

Como los "infusorios" no tienen sistema nervioso, concebir la implementación del nivel más superior de regulaciones orgánicas en cualquier proceso de interferencia previo a la subepitelización y fibrilarización de los incipientes sistemas neurales del Proterozoico terminal (650 a 542 millones de años ha, todo el período Ediacareano y quizás algo del anterior) fue un tanto inverosímil para los años sesenta. Algo similar había ocurrido ocho décadas antes, al descubrirse la perfección de las pinturas prehistóricas de Altamira: fina pintura artística en cavernas de antes del Diluvio, y operación orientada hacia objetos antes de las sinapsis, parecían irrazonables. Por fortuna Karl Pribram y otros numerosos neurobiólogos angloamericanos habían redescubierto, entre 1966 y 1969, la capacidad de las interferencias para aludir a sus propias estructuras implicadas como ondas estacionarias, que Jakob señalara a partir de 1906. Claro que esos neurobiólogos no las imaginaban para la función que les asignara Jakob, sino como implementación de memorias "almacenadas" en el cerebro, lo que Jakob rechazara ya desde el comienzo de sus trabajos al respecto. Empero, como hecho histórico indeducible la evidencia me indicaba la existencia, no solo desde el Neoproterozoico (1000 a 542 millones de años ha) sino desde el Mesoproterozoico (1600 a 1000 millones de años ha), y aun antes (en un intervalo centrado hace 1750 millones de años, en pleno Paleoproterozoico), de una implementación fisiológica ampliamente disponible para que, aludiendo a objetos por vía de los medios de interferencia, el nivel más superior de regulaciones orgánicas se ajustara a las novedades del ambiente.

Para que un proceso fisiológico arcaico hubiera sido así elegible como candidato para la homología evolutiva, tanto paleoneurobiológica como neuropaleontológica, con las principales funciones integradoras de los más complejos sistemas nerviosos terrestres de la actualidad, el rasgo crucial residía en su capacidad para definir diversos contenidos internos eventualmente capaces de interactuar causalmente entre ellos (por medio de cadenas causales que invo-

[41] A. A. Escalante y Francisco J. Ayala (1995), "Evolutionary origin of *Plasmodium* and other Apicomplexa based on rRNA genes", Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. **92** #13 (Jun. 20), 5793-5797.

lucrasen cualquiera de las modalidades de interacción físicamente posibles) como unidades elementales separadas, pero en el extremo opuesto al que ocupa el genoma en la serie de regulaciones orgánicas. Esto significa que, mientras el genoma no responde adaptativamente a los eventos del entorno, mal que a los lamarckianos les pese, y el soma surgido de él sí lo hace pero con cierta lentitud, este proceso que aquí nos ocupa debía hacerlo con la más fina resolución temporal que tuviera valor adaptativo.

El proceso de interés paleoneurobiológico que evoluciona sobre *todos* los escenarios alternativos de incepción de los "metazoos", es *la capacidad orientada a objetos (no meramente obediente a gradientes) de transformar la mecanoquímica del citosqueleto por medio de señales provinientes de eventos ambientales*.

Antes de que ninguna selección natural, sirviendo a ajustar la conducta del organismo en un simulacro interno especializado de las secuencias causales entre relevancias ambientales, hubiera podido refinar las cadenas de interacciones posibles entre contenidos neuronoemáticos utilizando como medio la eclosión de psiquismos que captaran gnoseológicamente esos contenidos (es decir, que los conocieran) e inauguraran por sí mismos nuevas cadenas causales atendiendo sus emociones y percepciones, era necesario contar con algún medio fisiológico seguro para producir aquellos contenidos estructurales y estructuralmente manejables referidos a los sucesos del entorno. Y el medio fisiológico para componer tales contenidos estructurales velozmente cambiantes resultó ser la interferencia definidora de lo que Jakob llamaba "ondas estacionarias", anteriores en mucho a los tiempos en que algún circuito neural ("hodología") hubiese podido llegar a existir. El hecho que actualmente señala su rol de antecesor es pues la dispersión del proceso de *control* ciliar a través de los *phyla* de Protozoos y de Animales y, en este último reino, en todas y cada una de las clases de sus tejidos.

Lo que aquel largo cotejo de todas las formas ciliares puso en claro fue la temprana disponibilidad, selección y difusión, en las mencionados eras Proterozoicas, del sistema citoeléctrico de referenciar eventos para el control ciliar como *regulaciones ajustadas a eventos* superpuestas a los modos generales de coordinación ciliar, que pre-operaban como su substrato funcional y a los cuales modulaba, en un microorganismo eucariota antecesor de los Animalia que, *sensu lato,* es visualizado como también probablemente común a los dos constituyentes (Adictyozoa y Dictiozoa) del reino Protozoa.

Como es sabido, Protozoa es un reino fundamentalmente quimérico en origen (surgido de las mencionadas endosimbiosis mitocondriogénicas y probablemente ya de las peroxisomagénicas en un arquezoo metamonadal[42, 43] para

[42] T. Cavalier-Smith (1992), "The number of symbiotic origins of organelles", BioSystems **28**, 91-106.

[43] T. Cavalier-Smith. (1991), "Evolution of prokaryotic and eukaryotic cells", in G. E. Bittar, ed., *Foundations of medical cell biology,* vol. 1, pp. 217-271 (JAI Press, Greenwich, Conn).

detoxificarse del oxígeno proveniente del ambiente); fagotrófico sin excepción y generalmente, pero no universalmente, precelular; es decir, no compartimentador de las diferentes expresiones de muchas réplicas de su genoma: "unicelular" en sentido virchowiano. Desde un último antecesor común así dotado de esta capacidad (de referenciar eventos relevantes para el control ciliar) que delineando apropiadamente el ambiente ajusta las acciones sobre tales eventos (esto es: que trata con ciertas clases de acontecimientos loculados en el medio, en vez de meramente depender de los gradientes de factores físicos y quimiotácticos revelados por repetidos sondeos, sólo direccionales y mucho menos loculados), tuvo lugar la derivación paleontológica por descendencia, u homología filética, de las funciones integrativas del parénquima neuronoemático, con su triple modo de operación (representar acontecimientos, permitir la apertura de espacios operativos y generar entonaciones sensitivas del sintiente allí circunstanciado).

Permítaseme decirlo otra vez. Atravesando reinos taxonómicos y niveles de complejidad orgánica nos encontramos formalmente con la homología filética del esculpido electroquímico del control ciliar y las conformaciones electroneurobiológicas, ambos definidores de transitorias estructuras espaciales en el campo eléctrico por medio de la interferencia volumétrica entre los valores instantáneos de su potencial que derivan del funcionamiento interno y los que derivan de la presencia de estímulos. No tiene importancia que la mayoría de los fila animales hayan perdido esta función e instaurado en su lugar ganglios o plexos nerviosos - que operan sin ella - como su nivel más superior de regulaciones orgánicas, ya que por lo menos uno de esos fila, a saber los cordados, utiliza actualmente tales conformaciones electroneurobiológicas. Tampoco importa que en alguno de esos otros fila tal función perdida pudiera haber sido independientemente seleccionada otra vez, tal vez 400 millones de años más tarde, como acaso podría ser la situación de algunos cefalópodos comentada más abajo. Y tampoco importa que, en el origen de los cordados, los fósiles de procordados del Proterozoico terminal lógicamente no preserven el tejido neuropilar que encontramos en sus descendientes actuales de similar nivel organizacional; más importante aun que ello es describir su conducta, cuyas grandes incertidumbres respecto a cualquier organismo particular (por ejemplo, los yunnanozoos como *Haikouella*[44]) se acotan muchísimo al considerar la variedad total de conductas predatoras en las faunas ediacareanas y cámbricas recientemente reveladas. Nada insinúa que la multicelularidad provenga de una rudimentarización o simplificación de las funciones de relación, o que la exija. Tras la evolución precedentemente delineada los multicelulares, como veremos, para desarrollarse en el Cryogeniano y el Ediacareano no debieron renunciar a la conducta de caza y recombinación sexual y estrenarse en nichos que no requiriesen moverse con referencia a objetos y ofrecieran exceso de alimento - ni esperar la diferenciación celular y orgánica de fibras, plexos o ganglios neurales. Pero continuemos considerando las etapas anteriores.

---

[44] J. Mallatt y Jun-Yuan Chen (2003), "Fossil sister group of craniates: predicted and found", J. Morphology **258** (1, Octubre),1-31; N. D. Holland y Jun-Yuan Chen (2001), "Origin and early evolution of the vertebrates: new insights from advances in molecular biology, anatomy, and palaeontology", Bioessays **23** (2, Feb.), 142-51.

La conducta del organismo predator había quedado así orientada hacia esas transiencias "objetales" que, estando causalmente ajustadas al estímulo que las origina, determinan además la eficacia de esa conducta. O, como decía en un resumen algo posterior: "*The most primitive sensory-effector peripheric devices, supporting the construction of object worlds (or systems of interactive object contents addressable for the organism's internal operations that can also result in its behaviour), and wherefrom all the succeeding forms including chordate brains derive, are ciliary devices, which function by transducing the primary messenger by ionic conductance changes across the reinforced membranes of its prolongations (cilia) in response to forces applied on them, as a kind of primaeval mechanoreceptors*."[45] ["Los más primitivos dispositivos periféricos sensoefectores, sostén de la construcción de mundos objetales (o sistemas de contenidos objetales interactivos aludibles por las operaciones internas del organismo que asimismo pueden resultar en su conducta) y de los cuales derivan todas las formas posteriores incluyendo los órganos cerebrales de cordados, son dispositivos ciliares, que funcionan transduciendo mensajeros primarios en cambios de conductancias iónicas a través de las membranas modificadas de sus prolongaciones (cilias) en respuesta a las fuerzas aplicadas sobre ellas, como una suerte de primitivos mecanorreceptores"]. Este cortex bajo la ciliatura de los Protozoos ciliados, tal como los centriolos y membranas, integra factores hereditarios no-genéticos de moldeado ("*templating"*) que jugaron importante rol en la evolución. La novedad pues consiste en que el control ajustado a eventos (de la coordinación ciliar automática) fue conservado, durante la morfogénesis evolutiva de las funciones de relación, como la interferencia de formas o estructuras espaciales de concentración y dispersión iónicas distribuidas volumétricamente en el citosol de la infraciliatura.

Estas interferencias no requieren ningún dispositivo hereditario para iniciarse. Del mismo modo que en presencia de nutrientes doquiera se forme una cilia bate, igualmente doquiera se coordinen cilias la estructura instantánea de portadores de carga en su base puede interferir con la estructura derivada de un contacto viscoso y modifica el batido en referencia al mismo. Por supuesto el sistema puede refinarse de mil formas, preservando su principio. "*Nervous functions do not begin with conduction but with the distributed interferences making addressable objects*" ("Las funciones nerviosas no se inician con la conducción sino con las interferencias distribuídas que forman objetos aludibles").

Ello es indicado por aquel hecho anatómico extendido en el grado más extraordinario: en practicamente todos los multicelulares complejos se preservan instrucciones para producir en cualquier tejido cilias automáticamente mótiles - funcionalmente inútiles inclusive. Ello abarca por supuesto nuestro propio parénquima neuronoemático, como don Pío del Río Hortega descubriera en 1916 (en cerebros adultos luego las cilias fueron demostradas en todo tipo ce-

[45] M. Crocco (1972 a), *The Integrative Cosmological Subprocess*, com. Argentine Natl. Council of Scientific & Technical lnvestigations, Presidency of the Nation, 6 June 1972; p. 8.

lular: neuronas, glía, neoplasmas; además, las cilias fueron experimentalmente inducidas en el córtex cerebral y en muchos núcleos grises en reacción al tratamiento antidepresivo con inhibidores de la monoaminooxidasa[46], que permiten a las monoaminas acumularse). Flagrantemente fútil, como mencioné, fascinaba a don Pío.

¿Qué podría significar tan inútil batir en el tejido orgánicamente especializado para introspeccionar simulaciones dinámicas del ambiente e insertar en él nuevas series causales?

Los modelos de Jakob, avanzados desde diez años antes, y mi propia revista de esa extraordinaria ubicuidad medio siglo después del hallazgo de don Pío, indicaron que junto a las instrucciones para formar cilias los multicelulares preservan también las determinaciones que, epigenéticamente, desarrollan el sistema referenciador de control ciliar por interferencia distribuída de potentiales, como simple producto secundario físico de la geometría y la dinámica de un colectivo ciliar. Estas novedades en neurobiología evolutiva no fueron muy conocidas en ultramar, en ámbitos extrarregionales donde sólo los aspectos químicos de la sensitividad protozoica alcanzaron bastante después cierto tímido interés neurocientífico.[47] Tal interés se restringe a comparar las *rutas de reacción* de los quimiorreceptores a cargo de la transducción de señales en Protozoa y en neuronas receptoras. Deja completamente de lado el estudio de las estructuraciones espaciotemporales, filéticamente conservadas en las funciones de relación más superiores, obtenidas por concentración y dispersión de iones en la escala celular, tanto en Protozoos como en el mapeo neuronal de los eventos relevantes a la supervivencia. Quizás una valla conceptual yaciese en la falta de cierta perspectiva de estas funciones de relación *orientada* a *objetos*. Esta perspectiva hoy es común por la comprensión de las computadoras existente entre biólogos y psicofisiólogos. ¿Quién la ignora hoy? En cambio en los años de 1960 recién escapaba, con el advenimiento de hologramas y holofonos, de las flagrantes metáforas de los modelos psicoanalíticos (p.e. Melanie Klein, Bion, Edith Jacobson) y del *appetitus naturale*. Y en 1906, fuera de los modelos de Jakob, por culpa del exagerado ascendiente y la ofuscante sobresimplificación de la teoría de la neurona una perspectiva *orientada* a *objetos* de las funciones de relación sólo había sido patrimonio casi ininteligible de los asociacionistas más acérrimos. Pero retornemos a nuestro linaje proterozoico, incompatible con la absolutización de redes neurales en neurobiología. Utilizo el ya añoso cuadro general siguiente (Crocco 1971) como recurso docente para presentar una perspectiva integral del proceso de desarrollo evolutivo, que enseguida pasaré a comentar:

[46] M. Milhaud y G. D. Pappas (1968), J. Cell Biol. **37**, 599.

[47] J. Van Houten (1994), "Chemosensory transduction in eukaryotic microorganisms: Trends for neuroscience?", Trends Neurosci. **17** # 2, 62-71.

ETAPAS EVOLUTIVAS DE LAS FUNCIONES DE RELACIÓN MÁS SUPERIORES

1. *Membrana exterior ciliada, que habilita arcaicos hospedadores Archamoebae primitivamente mitocondriados y todavía carentes de peroxisomas para mejorar el muestreo procariota de gradientes, llevándolo a gruesos mapeos de eventos medioambientales donde la representación interna de los acontecimientos relevantes es una transiencia fisiológica (esculpida en las conformaciones de concentración y dispersión de iones para el control ciliar) referenciable para articular respuestas globales orientadas a objetos, integrables con sumación y habituación;*

2. *Sincicio ciliado, que habilita acelulares (con uno, dos o varios núcleos en su fase trófica), prealveolados o alveolados, para refinar su mapeo de objetos conforme a su recién adquirido aerobismo, incluyendo eficaz beta-oxidación lipídicas y fosforilación oxidativa como recursos aparte de la energética de la coordinación ciliar;*

3. *Epitelio ciliado, en multicelulares (probablemente diferenciadores de células germinales) análogos a los moruloidea, probablemente capaces de condicionar respuestas reflejas irreproducibles tras su extinción;*

4. *a 10. Las señales bioeléctricas pasivamente propagadas no se ciñen a las simples noticias que pueden describirse con la ecuación del cable, pero en el linaje cordado estas evolucionan paralelamente con aquellas. Se origina así un sistema nervioso que incluye tanto funcionamiento ganglionar como referencia a objetos por estructuración de potenciales. Sus etapas son subepitelización, fibrilarización (ambas alcanzadas por primera vez en nuestra biósfera antes de los tiempos del Proterozoico terminal, 650 a 542 millones de años ha, al final de los cuales el año terrestre contaba 403 días de 21 horas y 44 minutos), plexusificación, ganglionarización (ya alcanzados en dichos tiempos), neuropilarización, corticalización y neocorticalización – esta última a partir de los reptiles, unos 280 millones de años atrás. Estas etapas 4 a 10 eran ya reconocidas previamente a mi citado cotejo (1964-1971) como las etapas evolutivas de las funciones de relación más superiores que desembocaron en la selección natural de procesos físicos disimiladores de manifestaciones.*

Más antiguo, pues, que los cuatro reinos que operan en paralelo numerosas copias de cada genoma, es decir, que los reinos multicelulares

1 *Animalia* (que evolucionaron a partir de Protozoa por diferentiación de tejido conectivo colagenoso encajado entre dos estratos celulares epiteliales que muy pronto se diversificaron, transición que tuvo lugar de Choanozoa a Porífera);

2 *Fungi* (que evolucionaron a partir de Protozoa por selección, para su fase trófica, de paredes celulares quitinosas forzándose a cambiar desde fagotrofia - nutrición por ingesta - a nutrición por absorción, transición que tuvo lugar de

Choanozoa a Chytridiomycetos); la ref. 6 sugiere una antigüedad de 1492 ± 46 millones de años para su divergencia de los animales;

3 *Chromista* (que evolucionaron a partir de hospedadores Protozoa por fagocitosis de un endosimbionte fotosintético eucariota que, por fusión de la membrana del fagosoma con la envoltura nuclear del hospedador, entraron en general en el lumen del retículo endoplásmico rugoso en vez de liberar cloroplastos en el citosol, como hacen Plantae y Protozoa fotosintéticos), y

4 *Plantae* (que evolucionaron a partir de Protozoa por diferenciación de plástidos con doble envoltura, con almidón en sus plástidos o en el citosol, y generalizado abandono de la fagotrofia; las plantas terrestres, en particular, si hemos de seguir las nuevas indicaciones del análisis de secuencias proteínicas[48] habrían aparecido hace 700 millones de años),

este dispositivo o implementación fisiológica distingue eventos ambientales relevantes por medio de un proceso de interferencia que permite articular representaciones y aprender rasgos ambientales operando con tales representaciones, en una implementación que no es hodológica (es decir, basada en circuitos) sino atañe a las reacciones del organismo como totalidad espaciotemporal.

Sidney Tamm, quien forma parte del pequeño número de científicos consagrados durante décadas a escrutar cilias, subraya que la "*Axonemal behavior was probably invented by the early eukaryotic cell for its survival. The ability to change cytoskeletal mechanochemistry by messengers elicited by environmental stimuli is the fundamental process in such behavior*" ("La conducta axonemal fue probablemente inventada por la temprana célula eucariota para sobrevivir. La capacidad de modificar la mecanoquímica citoesquelética con mensajeros elicitados por estímulos ambientales es el proceso fundamental en

---

[48] D. S. Heckman, D. M. Geiser, B. R. Eidell, R. L. Stauffer, N. L. Kardos y S. B. Hedges (2001), "Molecular evidence for the early colonization of land by fungi and plants", Science **293** (5532, Aug 10), 1129-33; comentario en el mismo número, pp. 1027-8. Compárese para animales J. Otsuka y N. Sugaya (2003), "Advanced formulation of base pair changes in the stem regions of ribosomal RNAs; its application to mitochondrial rRNAs for resolving the phylogeny of animals", J. Theor. Biol. **222** (4, Jun 21), 447-60, que escriben "The dating for the divergence of Platyhelminthes and Cnidaria is traced back to 1.2 x 10(9) years ago. Deuterostomia and Protostomia diverged 9.2 x 10(8) years ago, the divergence of Echinodermata, Hemichordata and Cephalochordata succeedingly occurred during the period from 8 x 10(8) to 6 x 10(8) years ago, while Arthropoda, Annelida and Mollusca diverged almost concomitantly about 7 x 10(8) years ago." Véase asimismo D.Y. Wang; Kumar, S. y Hedges, S. B. (1999), "Divergence time estimates for the early history of animal phyla and the origin of plants, animals and fungi", Proceedings of the Royal Socienty of London B **266** (1415; Jan 22), 163-71. En cuanto a los ganglios de tipo procordado/cordado, en cuya actividad secundaria electrodinámica encontramos circunstanciada la regular eclosión de psiquismos en la biósfera terrestre, aunque no contamos con registro fósil las evidencias moleculares disponibles indican su existencia desde el Proterozoico terminal o algo antes, es decir unos 700 millones de años para tomar un valor conservador. Compárese con el desarrollo de yunnanozoos como *Haikouella*, ref..44.

esta conducta")[49]. Y Cavalier-Smith subraya[50] que "*all non-ciliate eukaryotes are ultimately derived from ancestors with cilia*" ("todos los eucariota no-ciliados derivan por último de antecesores con cilias"), precisamente como en nuestra tradición local más de veinte años antes me había tocado concluir pre-químicamente, en base al nudo catalogar la distribución de cilias a través de los taxones.

Es hecho ampliamente acreditado que las cilias se perdieron secundariamente con frecuencia durante la evolución de los eucariotas. No obstante, donde se conservaron, la descendencia del último antecesor común debe haber evolucionado desarrollando diferentes relojes internos ("*timing*") y diferentes respuestas a señales similares. Sobre estos hechos, en nuestra tradición local centramos el énfasis en las estructuras de interferencia para el control *distribuído* del batido y para la *distribución espacial* de las señales ambientales procesadas con mínima demora a fin de lograr ese control. La mencionada homología fue reivindicada respecto a esta interferencia, como parte de acentuar *the spatially-distributed features of the ciliary control system.*[51] Vemos a este dispositivo en acción en los actuales Ciliophora. Estas criaturas platicristadas de hoy "nadan" ágilmente, enfundadas en su alfombrilla ciliar propulsora o fajadas por sus cinchas de cilias. Se atornillan al agua, privadas casi de inercia por los bajos números de Reynolds, y su mera coordinación ciliar les compone trayectorias parahelicoidales, siempre descomponibles en segmentos de arco. ¿Cómo controlan su batido ciliar para lograr direccionamiento y reversiones del curso? ¿Cómo hacen para orientarse hacia eventuales estímulos, o para retirarse lejos de ellos?

Fuentes y mecanismos del control ciliar

De acuerdo con la denominada "*equilibrium-point hypothesis*"[52], los organismos aprovechan las propiedades mecánicas y viscoelásticas de sus efectores (es decir, de los miembros corporales que ponen en acción en sus conductas) para resolver analógicamente - o, muy cerca del polo analógico de la continuidad simulativa analogico-digital - los complejos problemas computacionales vinculados al control y representación de la postura y la motilidad. Los

[49] S. Tamm (1994), "Ca2+ channels and signalling in cilia and flagella", Trends Cell Biol. **4** # 9, 305-10.

[50] T. Cavalier-Smith (1993), "Kingdom Protozoa and Its 18 Phyla", Microbiol. Rev. **57**-4, 965 col. 2.

[51] M. Crocco (1971), "Problemas en la filogenia de los reflejos condicionados propuesta por Leonid Voronin", working paper, Cátedra de Anatomía y Fisiología del Sistema Nervioso (Prof. Dr. Fernando Orioli), enero 1971; (1972 a) *The Integrative Cosmological Subprocess*, com. al Consejo Nac. de lnvestigaciones Científicas y Técnicas, Presidencia de la Nación, 6 junio 1972.

[52] F. A. Mussa-Ivaldi, S. F. Giszter and E. Bizzi (1990), "Motor-space coding in the central nervous system", Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. **40**, 827-835.

complejos animales multicelulares derivan de un nivel organizacional protista común, el del postremo antecesor compartido. La fisiología de éste incluía control de las organelas periféricas y motilidad undulipodial por dineína-tubulina; el campo de fuerzas elásticas le brindaba una caracterización adaptativamente suficiente o "completa" de la postura y posición del organismo entre las circunstancias no-rutinarias más velozmente cambiantes que habían resultado relevantes para su ancestro. Cuán "completo" llega a ser tal mapa varía mucho en los organismos que hoy vemos desplazarse con ayuda de undulipodios. Algunos se mueven completamente al azar, ya que *sólo necesitan ingerir y tratar de digerir todo cuerpo de "tamaño vacuola" con el que se topen en contacto más o menos prolongado*. Otros son capaces de *alternar derroteros al azar, o bien cursos dirigidos por la detección química de cambios al cotejar sucesivas mediciones locales de ciertos valores generales del ambiente, con respuestas ingestivas dirigidas a objetos dentro de cierta acuidad duracional*, tras lo cual recomienzan aquella porción de su desplazamiento que es errática o bien sólo dirigida por gradientes ambientales. ¿Cómo lo hacen?

"Una célula puede controlar la conducta exacta de sus cilias", señala Sidney Tamm, "por un sistema de transducción de señales que incide sobre el oscilador intrínseco de los axonemas en forma bastante parecida a como la palanca de cambios afecta el acople de un motor en marcha con el eje motriz. Cambiando la velocidad del dispositivo alternador, el sistema pone las organelas en segunda o tercera velocidad, detención, quizás un estado neutral, y a veces . . . un modo revertido de batir. Las señales derivan de la estimulación de la célula, que normalmente abre canales de Ca^{2+} sensitivos al voltaje en la membrana [que enfunda cada] cilia o bien cambia la concentración de nucleótidos cíclicos dentro del axonema"[53]. En las cilias cada velocidad del automóvil sería uno de los *modos fundamentales de batido.* La diversidad de los fenotipos de batido proviene, simplemente, en parte de diferente "*timing*" intrínseco, y en parte de diferentes respuestas a las mismas señales.

Dentro del organismo de los diversos Ciliophora, "estilos" o formas de ondas químicas - generadas por adición o substracción locales de las especies químicas en difusión - circulan bajo la membrana citoplasmática o exterior, a menudo bajo toda ella, alrededor de los axonemas activos. Estas formaciones submembranales corporizan la intervención inaugural del hospedador en la acción de fustigar el agua, que efectúan las cilias producidas por su genoma. La *coordinación* ciliar, substrato funcional del *control* ciliar, es como recalqué enteramente automática, bioquímica (consistente en cambios conformacionales de la molécula de dineina con hidrólisis del ATP, con ciclos de 5 a 10 ms), eléctrica (consistente en un gradiente de potencial, observado hace ya mucho, a lo largo de cada cilia a medida que la medición se acerca al citoplasma negativo, gradiente que durante el regreso del "latigazo" permitiría un retorno de las cargas transferidas; y en la oportuna operación de canales para iones externos en la membrana ciliar) y mecánica (consistente en la autorregulación de la curvatura, que retroalimenta torsiones e inflexiones vibracionales de los

[53] S. Tamm (1994) "Ca2+ channels and signalling in cilia and flagella", Trends Cell Biol. **4** # 9 (Sept.), 305-10.

microtúbulos, y en la geometría acollarada de las bases ciliares, que probablemente produce eventos quimioeléctricos hasta cierta acumulación tope, como ocurre en las espinas vibrátiles y los filopodia de las dendritas)[54, 55]. Las cilias deslizan lateralmente los microtóbulos enfundados que forman su axonema y se curvan velozmente, azotando el agua (mejor dicho, "cuchareando" el agua con una torsión longitudino-transversa, como habría de hacerse para tomar sopa apresuradamente sin salpicar, y no barriéndola rectamente como si la "paletearan" remos sólo capaces de virar sin alargarse), seguida *metacrónicamente* (feliz término propuesto por Verworn en 1889) por toda la fila hidrodinámicamente acoplada. En ella cada cilia adiciona momento impulsor al agua ya "cuchareada" por la cilia vecina. Eso impele al organismo, llevándolo por trayectorias ineluctablemente helicoides. El sistema de control ciliar le superpone comandos moduladores a este metacronismo, siguiendo el principio de superposición de ondas que Jakob enfatizara para la fisiología de su descendencia neural.

Este sistema de control ciliar se despliega espacialmente, en formas como *Opalozoa*, *Paramaecium* y similares incluso sobre toda la superficie exterior del organismo y sobre su volumen subyacente. Allí ejecuta el nivel más superior de *control* unificado sobre la conducta precisa de *todas* sus cilias, espacialmente distribuidas como *una única unidad orgánica de acoples metacrónicos*. Así habilita todas las efecciones aloplásticas u operantes sobre el ambiente. Estas son básicamente tres: las posturas de conjugación, en los géneros conjugantes; la caza, en los nichos donde el alimento es elusivo; y, finalmente, las especiales posturas que deben asumirse para alimentarse si grandes porciones de la superficie corporal están cubiertas por cilias fijadas, como vimos, a un citosqueleto de ningún modo tan rápido de reciclar como la ingestión demandaría, citoesqueleto que por lo tanto exige un estoma o "boca" - la cual para englutir debe posicionarse. El sistema de control ciliar plasma todas estas posturas vitales. Así, pese a no disponer de apoyos inerciales, se alternan ágilmente las conductas de auto-situarse.

El sistema de control opera o alcanza a surtir efectos sobre el medio y las presas. Alcanza "ecforia", pues, lo que significa que obra causalmente fuera del organismo; "ecforia" es un término preciso que no se restringe a los sistemas nerviosos. Lo hace por medio de una combinación interna de transducciones de señales. Esta termina por incidir sobre los mencionados osciladores

---

[54] P. Satir y M. A. Sleigh (1990), "The physiology of cilia and mucociliary interactions", Annu. Rev. Physiol. **52**, 137; M. A. Sleigh, ed., *Cilia and flagella* (Academic Press, 1974); H. Machemer, "Elecromotor coupling in cilia", in C. Luttgau, ed., *Membrane control of cellular activity*, Fortschritte der Zoologie vol. 33 (Fischer, Stuttgart, 1986) pp. 205-250; R. Eckert, "Bioelectric control of ciliary activity", Science **176** (1972), 473-481. *Cf.* J. Howard, *Mechanics of motor proteins and the cytoskeleton* (Sinauer Associates, Sunderland, Mass., 2001).

[55] P. Satir, "Mechanism of ciliary movement - What's new", News in Physiological Sciences (NIPS) **4**, 153; "Mechanisms of ciliary movement", Scann. Microsc. **6** (1992), 573; "Studies on cilia" I, II and III: J. Cell Biol. **18** (1963), 345 ss.; **26** (1965), 805 ss.; y **39** (1968), 77-94.

axonemales intrínsecos (combinación principalmente mediada por Ca^{2+} y, menos frecuentemente, por AMP cíclico y GMP cíclico), poniendo a la ciliatura en alguno de los diversos *modos fundamentales de batido*. La corriente de Na^{+} y, especialmente, una vasta disposición de corrientes de K^{+} [56], que establecen los potenciales de membrana en reposo sobre los cuales las translocaciones de Ca^{2+} desencadenan el control de nuestro presente interés, son críticas para que la excitabilidad eléctrica mantenga los modos de atornillamiento o "natación" adecuados.

Recíprocamente ("introyección" diría Jakob[57]), el eventual contacto viscoso de una presa o micela comestible - o algún otro estímulo, reconocido como comestible de entre un pequeño menú selectivamente tornado relevante en la filogenia - con la zona de captura[58] de las batientes cilias distribuye una alteración sistémica detectable (ya que el bajo número de Reynolds retarda el borrado de las novedades que afectan al movimiento). Esta alteración particular es bien diferente de la alteración general que se observa al modificar muy gradualmente la viscosidad del medio (por ejemplo al agregarle goma tragacanto) e interfiere en modo también particular e identificable con la llegada a los osciladores axonemáticos de los máximos y mínimos de la estructura de ondas.

Una modificación precisa de la "natación", ajustada al evento, resulta así de ese bien definido moldeo de la interferencia. Esa modificación voltea con precisión al cilióforo de modo que, por ejemplo, sitúe su citostoma ("boca") justamente en la postura adecuada para englutirse el micelo o la bacteria[59, 60, 61], o que detenga la natación, o que revierta reactivamente su derrotero. Tan complejo resultado, con efecto preciso sobre el auto-situarse del cilióforo, involucra no sólo cambios en la diferencia de tensión superficial entre las dos caras de la membrana celular, sino también

- cambios auto-organizacionales en el mosaico flúido de la membrana, que incluyen especiales regulaciones de la distribución y biosíntesis de transportadores transmembrana pasivos y activos, con

---

[56] R. R. Preston, Y. Saimi, E. Amberger y C. Kung (1990), "Interactions between mutants with defects in two Ca2+ -dependent K+ currents in Paramecium tetraurelia", J. Membr. Biol. **115**, 61-69.

[57] Chr. Jakob (1948), "La psicointegración introyente-ambiental orgánica y sus problemas para la neuropsiquiatría y psicología, primera parte: Su filogenia constructiva", Rev. Neurológica de Buenos Aires **13**, 115-141.

[58] J. R. Blake and M. A. Sleigh (1974), "Mechanics of ciliary locomotion", Biol. Rev. **49**, 125.

[59] H. S. Jennings, *Behavior of the lower Organisms* (Appleton, N. York, 1906).

[60] J. Loeb, *Forced movements, tropisms and animal conduct* (Filadelfia y Londres, 1918).

[61] E. Nierenstein, "Beiträge zur Ernährungsphysiologie der Protisten", Zeitschr. allg. Phys. **5** (1905), 24 ss.

el efecto de alterar la configuración del campo eléctrico y las ondas de presión hidráulica derivadas de esa alteración;

- arrastre de macromoléculas en gradientes de potential;
- cambios conformacionales intraproteínicos con efectos en el citosqueleto y la matriz extracelular;
- ajuste de los valores de la viscoelasticidad de los dominios de la membrana plasmática, ya que estos son predominantemente dependientes del citosqueleto submembranoso; y
- modulación local de las motilidades moleculares, todo también relejando al estímulo.

Todo esto altera o modula las bombas iónicas y las conductancias[62]. Afecta así la polaridad de la célula y las organelas submembranales, por medio de las acciones en su interior de los gradientes del campo.

La *distribución espacial* de estos efectos sobre las señales entrantes mecánicas o bioquímicas es fundamental para la integración de más alto nivel de la función axonemal en el comportamiento. En tal escenario, es esencial discriminar los factores espaciales, a lo largo y lo ancho de la superficie del dispositivo constituído por la entera población de cilias como un todo.

Esta espacialidad de la señal (es decir, el emplazamiento de la entrada de Ca^{2+}) es crítica. Lo que cuenta son los efectos de la carga aportada con los iones de calcio, no su idiosincrasia química, como subrayé: frecuentemente, qué iones sean puestos en juego no importa, o importa para otra cosa. No obstante, a menudo el calcio es el transportador de carga de elección, como también lo es por ejemplo para generar la despolarización que "dispara" las sinapsis renovando el potencial. Los efectos de la carga aportada con los iones de calcio, es decir la intensidad resultante del campo eléctrico en cada punto del volumen a cada instante y en algunos casos las tenues densidades de flujo magnético (0,1 a 100 nanotesla, a lo más milésimos de las intensidades que orientan nuestras brújulas en el campo terrestre) originadas por su modificación, juegan un rol crucial en muchísimos ajustes celulares que subyacen a las respuestas conductuales condicionadas y al aprendizaje asociativo. Considerando justamente la espacialidad de la señal, pero desde consideraciones por entero independientes y ajenas a nuestras cuestiones paleoneurobiológicas, el prof. S. Tamm dividió las respuestas motoras reguladas por Ca^{2+} en dos tipos fundamentalmente diferentes de regulación axonemal[63], que dependen de diferentes distribuciones e*spaciales* del señalamiento con Ca^{2+}:

(**I**) '*Reprogramming*' o cambios *cualitativos* en el modo de batido. Estos incluyen reorientación de la dirección del batido ciliar (= "*ciliary reversal*", seriamente investigado en protozoos y animales diploblastos desde los años

[62] R. J. P. Williams, "Ion pumps and cell shapes", Trends Biochem. Sci. **13** (1988), 249; R. A. Bloodgood, ed., *Ciliary and flagellar membranes* (Plenun, N. York, 1990).

[63] S. Tamm, "Ca2+ channels and signalling in cilia and flagella", Trends Cell Biol. **4** # 9 (Sept. 1994), 305-310.

1860[64]) y alternancia hacia modos de ondular flagelares ("*flagellar waveform patterns*"), desencadenados por un rápido incremento global del Ca^{2+} ingresado por canales localizados todo a lo largo de la longitud ciliar, los cuales, quisiera remarcar yo, en consecuencia *no podrían sostener* por sí solos ninguna interferencia para mapear un esquema de algunos eventos ambientales; y

(**II**) '*On-off*' o cambios *cuantitativos* en la actividad, que incluyen iniciación o activación del batido, cambios en la frecuencia del batido y detención del batido. Todos estos son cambios desencadenados por Ca^{2+} ingresado desde la infraciliatura o membrana citoplasmática en las bases del conjunto de cilias ("*at the bases of the ciliary flock"*) que, a la inversa del caso anterior, son en efecto capaces de hacer referencia a eventos ambientales, mapeándolos en base a una distribución interfiriente de los transportadores de carga.

Dentro del primer caso, la entrada de Ca^{2+} adentro de las cilias y flagelos que emprenden reprogramaciones o "*reprogramming responses*" ocurre todo a lo largo de la cilia o del flagelo, debido a la distribución uniforme de canales para Ca^{2+} activados por voltaje sobre la superficie de la membrana que enfunda el axonema. La reversión del modo ("*ciliary reversal*") es, pues, desencadenada por una transiencia global axonemal de Ca^{2+}, que resulta de una distribución uniforme de los canales Ca^{2+} excitados por diferencia de potencial ("*voltage-dependent*") localizados exclusivamente sobre la superficie de las membranas de las cilias (en contraste, muchas otras conductancias iónicas residen en la membrana somática). Mientras tanto, en otros axonemas, la alternancia desde el tipo usual de brazada ciliar ("estilo pecho", podríamos decir) a ondulaciones de tipo flagelar es una acción directa de las altas concentraciones de Ca^{2+} ($\sim 10^4$ M) sobre estos axonemas, ejemplificando una vez más lo que el Prof. Jakob llamara la conversion de ciclos en ritmos.

Al contrario, la *activación ciliar* y los *incrementos en frecuencia de batido* son respuestas motoras comportamentales mediadas por incrementos en la concentración del Ca^{2+} citosólico "*only at the proximal end of the axoneme*", bien por via de canales Ca^{2+} restringidos a la base de la membrana ciliar o por difusión de Ca^{2+} desde el cuerpo celular. (Ver el citado artículo del Prof. Tamm[65] y la literatura allí referida). Es este calcio el que *modula* tal conversión, funcionalmente substratal. En ciertos casos, a saber, en ciertas cilias animales carentes de canales de Ca^{2+} respondientes al voltaje, la liberación de Ca2+ intracelular basta para desencadenar la respuesta de encendido y apagado ("*on-off*"), mientras que en otras cilias, en contraste, esos canales coexisten a lo largo del eje ciliar. En cualquier caso es este segundo tipo de regulación que mapea eventos ambientales el que modula al otro que no lo hace, determinando la adquisición de la postura y conductas referidas al evento, por ejemplo ante la aparición de una posible presa o nutriente.

---

[64] Zenker, "Beiträge zur Naturgeschichte der Infusorien", Archiv f. Mikrosk. Anat. **2** (1866); F. Stein, *Der Organismus der Infusionstiere* Bd. 2, 1867 (*quod in manibus non habui*).

[65] S. Tamm "Ca2+ channels and signalling in cilia and flagella", Trends Cell Biol. **4** # 9 (1994), 305-10.

Incluso parece muy posible que la corriente de Ca^{2+} que, en la fototaxis, se dispersa en torno al fotorreceptor y es factor clave para su adaptación, actúe en o cerca de las bases de los axonemas, controlando el volverse del organismo hacia la luz o rehuyéndola. El Prof. Tamm concluye: "*This model also explains why reprogramming motor responses (i. e. ciliary reversal) is usually accompanied by increases in beat frequency, whereas on-off responses (increases in beat frequency) do not include reprogramming responses. In the former case, a global Ca^{2+} increase within the cilium would include the basal region of the axoneme, whereas in the latter response the Ca^{2+} increase occurs only at the base*". ("Este modelo también explica por qué la reprogramación de respuestas motoras, por ejemplo la reversión [del batido] ciliar se acompaña por lo común con aumentos en la frecuencia de batido, mientras las respuestas de encendido y apagado, cuando son aumentos en la frecuencia de batido, no incluyen respuestas de reprogramación. En el primer caso, un aumento global del Ca^{2+} dentro de la cilia incluiría la región basal del axonema, mientras que en la segunda respuesta el aumento de Ca^{2+} solamente ocurre en la base.")

Los dispositivos ciliares como efectores y como configuradores de objetos

Lo esencial, de todos estos procesos galvánicos espaciales y temporales corporizados por distribuciones de especies químicas disueltas, es que solamente sus interferencias distribuidas, similares a correlogramas, hologramas y holofonos en cuanto a la *unicidad* de alguna pauta interna de referencia (pero solamente en este respecto) brindada en este caso por la regularidad del batido que acabo de describir, pueden disponer o "mapear" referencias viscoelásticas del entorno (mapas que pueden ser tridimensionales en base a la rigidez de los medios de trasmisión, que pueden ser ondas, electromagnéticas o mecánicas, o bien efectores orgánicos)[66], en vez de meramente programar canales o rutas hacia las realidades ambientales que, así, puedan ser reconocidas genéricamente sin recurso a la subjetividad. De esta manera tales interferencias conducen a efectuar sobre esos objetos las conductas adecuadas, función de la que proviene que el ancestro ciliar sea común a los sistemas musculares y neurales.

Para los sistemas neurales, un pertinaz, muy conocido y poco subrayado recordatorio de este ancestro ocurre en el conservatismo de los Chordata: en la secuenciación genómica de eventos químicos que desarrolla o despliega a todos los cuerpos cordados. Esa secuenciación dispone espacialmente las reacciones químicas de modo tal que *la totalidad del tipo neuronal de células nerviosas* se origina, embrionariamente, en las llamadas zonas ventricular y subventricular, en inmediata vecindad anatómica al canal central, otrora superficial o externo, que compone las bases de los sistemas ciliares antaño a cargo

[66] M. Crocco (1972 a), *The integrative cosmological subprocess*, comm. Natl. Council of Scientific & Technical lnvestigations, Presidency of the Nation, 6 June.

de las funciones de relación, o nivel regulativo más superior a cargo de manejar los eventos más rápidos que el organismo está adaptado a tratar.

En cambio, con excepción de unas pocas propuestas (por ejemplo, Ref. 67), el concepto de cualquier clase de precursor muscular, que interviniese mecánicamente con fuerzas transversales locales en el control ciliar, túvose por descontado por más de treinta años tras haber subrayado aquí la fuente común de la motilidad y la sensibilidad en el arco que en el Proterozoico terminal, tras la subepitelización y fibrilarización de algunos incipientes sistemas neurales, habría de devenir sensocogitomotórico. Y fue así descontado aun durante más tiempo, unos cuarenta años, tras el hincapié de quien esto escribe en la irrazonabilidad paleoneurobiológica de contemplar filogenias tempranas separadas - para lo que más adelante en la evolución habría de ser *recepción sensorial* y *efección muscular* - en base al incesante énfasis de Chr. Jakob's en la seriación *sensomotórica* de ciclos, ritmos, kinesias, praxias, gnosias y simbolias, tanto en la filogenia cuanto en el desarrollo individual[68, 69, 70, 71]. Sin embargo, la miosina fue demostrada en la infraciliatura de células de aves hacia la mitad de los años de 1980[72, 73]. Entonces comenzó a modelarse[74] la acción de fuerzas transversales sobre cilias *individuales* y finalmente, en 1995, moléculas de miosina que podrían actuar de moduladores, alterando la dirección

---

[67] I. R. Gibbons (1961), "The relationship between the fine structure and direction of beat in gill cilia of a lamellibranch mollusc", J. Biophys. Biochem. Cytol. **11**, 179-205.

[68] Chr. Jakob, "Localización del alma y de la inteligencia", El Libro (Buenos Aires) 1 (1906), 151; and (1907), pp. 281, 433, 553; V. 2 (1908) pp. 3, 171, 293, 537 and 695 (published on nine issues).

[69] Chr. Jakob (1923), *Elementos de Neurobiología* Vol. 1 (Fac. Humanidades, Universidad Nac. de La Plata, La Plata).

[70] Chr. Jakob (1935), "La filogenia de las kinesias (Sobre su organización y dinamismo evolutivo)", Anales del Inst. de Psicología, Univ. de Buenos Aires.

[71] Chr. Jakob (1935), "Sobre las bases orgánicas de la memoria", Rev. de Crimin. Psiq. y Med. Legal, **22**, 84 ss.; reproduced with English rendering in: Electroneurobiologia I # 3 (July 1994), 55-74; (1946) "Ensayo de psicogenia orgánica" [Part (b) of Documenta Biofilosófica], Folia Neurobiológica Argentina V, 1-54; cf. A. Ávila and M. Crocco, *Disponer*, Folia Neurobiológica Argentina IX (1991).

[72] C. Klotz, N. Bordes, M. C. Laine, D. Sandoz y M. Bornens (1986), "Myosin at the apical pole of ciliated epithelial cells as revealed by a monoclonal antibody", J. Cell Biol. **103**, 613-619.

[73] M. Lemullois, C. Klotz y D. Sandoz (1987), "Immunocytochemical localization of myosin during ciliogenesis of quail oviduct", Eur. J. Cell Biol. **43**, 429-437.

[74] C. B. Lindemann (1994), "A model of flagellar and ciliary functioning which uses the forces transverse to the axoneme as the regulator of dynein activation", Cell Motil. Cytoskel. **29**, 167-176.

del movimiento de cada cilia, fueron localizadas[75] en el conjunto de la cámara fibrilar del cuerpo basal (*basal body-cage complex*) en *Tetrahymena*.

El punto primario de la *efección* del control ciliar sobre cada cilia individual, mediado por esas fuerzas transversales, es la distribución espacial, a través de *toda* la infraciliatura, de los grados *simultáneamente diferentes de* esas fuerzas mecánicas transversas. Esta distribución proviene de la estructuración témporoespacial del campo eléctrico en respuesta al estímulo. Tal distribución es necesaria para configurar integralmente ese control, so pena que el organismo no se nutra ni se conjugue. Pero la sensomotricidad, de la que esa distribución forma parte, es una función integral e indivisible aun desde antes de que en su arco se insertasen psiquismos.

Una aplicación indiscriminante de fuerzas locales uniformes es, físicamente, inadecuada: no sirve para aplicar la natación a estímulos loculados, especialmente en la nutrición raptorial o cuasi-raptorial. Por cierto, los canales transmembranales que detectan tensiones mecánicas independientemente del citosqueleto subyacente, abriéndose en reacción a tensiones transferidas a sus conformaciones por sus membranas, no han sido aún identificados positivamente; pero no hay duda acerca de su realidad, ya que algún mecanismo de ese tipo es biofísicamente palmario por sus efectos. *Numerosas* conformaciones helicales transmembranales pueden efectuarlo. Como tal, la posibilidad de una mecanodetección enteramente membranal fue teóricamente asumida en los trabajos tempranos comentados.

Prioridad física y filética de los acoples efápticos sobre los sinápticos

Las formas cordonales consisten en una serie, ristra, o ringlera de algunas docenas de células ciliadas. Tales células están fenotípicamente poco diferenciadas o casi indiferenciadas y permanecen yuxtapuestas entre sí debido a incompleta segregación postreproductiva[76]. A veces el cordón es delgado y todas las células contactan al exterior. Pero las más de las veces algunas células quedan axiales o internas y sólo otras forman en un momento dado la superficie del organismo. Los primigenios Protozoos ciliados, con toda probabilidad, presentaron algunas formas cordonales muy temprano en la selección natural de sus más complejas conformaciones, dentro de su amplia variedad y a lo largo del vasto periodo, comparable al que hoy nos separa de los tiempos

[75] J. A. Garcés, J. G. Hoey y R. H. Gavin (1995), "Putative myosin heavy and light chains in Tetrahymena: co-localization to the basal body-cage complex and association of the heavy chain with skeletal muscle actin filaments in vitro", J. Cell Sci. **108** (March 1), 869-881. La actina ya era conocida en la cámara del cuerpo basal, a más de tenerla localizada en las vacuolas contráctil y alimenticias y el surco de división: *cf.* las referencias históricas en el artículo citado.

[76] T. Cavalier-Smith (1993), "Kingdom Protozoa and its 18 phyla", Microbiol. Rev. **57** (4, Dec), 953-994.

cámbricos, en que la mayoría de ellos sirvieron a la biósfera terrestre en el rol de predadores supremos que hoy desempeñan las organizaciones humanas.

Estos cordones celulares probablemente presentaban en el Neoproterozoico una morfología que recordase a los Mesozoos. Éstos, los organismos del parvorreino Mesozoa en Neozoa, son multicelulares - incluso en su fase trófica - con crestas mitocondriales tubulares, y fueron incluídos entre los Protozoos porque, a diferencia de los Animalia, carecen de tejido conectivo colagenoso. Pero debemos notar que los Mesozoos del presente llegaron a su forma por una ruta bastante distinta[77].

La multicelularidad siempre crea problemas morfológicos y electrofisiológicos[78], sin que importe por qué vía filética haya llegado el genoma a expresarse en numerosas copias multicompartimentadas - que es lo que el concepto "multicelularidad" significa. Algunas de estas copias crean problemas menores, simples cuestiones de alternar adecuadamente la expresión de sus genes, como quien toca las teclas adecuadas de un xilofón. Por ejemplo, cuando hay células axiales presentes, naturalmente la expresión genética de cilias de superficie celular en tales células que no asoman a la superficie del organismo no habría sido seleccionada. No importa si, aparte de no producir cilias, en sus otros rasgos estas células axiales estuvieran apenas diferenciadas, conservándose casi tan totipotentes como en otros Protozoos multicelulares; v. gr., como las esporas en Myxosporidia.

Ello es así por ausencia de presión de selección para expresar, en tales células internas, genes que codifiquen para formar cilias mótiles. Tampoco, claro está, se expresarían en esas células los genes conducentes a formar moléculas para su especial control - lo que no prevendría expresar accidentalmente tales cilias y moléculas en una minúscula fracción estocástica, como ocurre en las neuronas y glia del gris cerebral.

Tal como en el mencionado sinapomorfismo de los Fungi (nutrición absortiva y desarrollo micelial seguido por la selección de paredes quitinosas en la fase trófica, que impidió continuar con la fagotrofia), también aquí, en la otra gran rama de la descendencia coanozoica, otro simple constreñimiento geométrico indujo una diferenciación genética de vasto alcance. Siempre he creído impor-

---

[77] A saber, por vía de degeneración parasítica. En la orina de pulpos y calamares, rodeados por la cual la mayoría de los Mesozoos nematógenos prosperan hoy en día, la disponibilidad de nutrientes no está loculada en su escala; al contrario, es prácticamente isotrópica. Así pues, ya que el alimento no viene en paquetes grandes que recoger, en medio de ese tesoro isotrópico los Mesozoos de hoy en su fase sexual no tienen ya más necesidad de controlar la natación de sus células para nadar en alguna dirección, cualquiera esta dirección pudiese ser, a fin de cazar ningún paquete nutricio flotante – menos para escapar de enemigos. Por ende sus funciones de relación globales quedan principalmente conectadas con la reproducción, que sólo demanda una acuidad duracional mucho menor.

[78] J. T. Bonner (1974), *On development: The biology of form* (Harvard Univ. Press, Cambridge - Mass.), pp. 80-107; J. T. Bonner (1988), *The evolution of complexity by means of natural selection* (Princeton, New Jersey, Princeton University Press).

tantísimo señalar que *"the nervous system is ectodermic by hypothesis"*[79], para manifestar las consecuencias geómetro-funcionales de las sobresaliencias anatómicas o "extrusiones" ciliares protistas.

Pero, y he aquí el problema morfofuncional, si una partícula comestible es contactada en, por ejemplo, una punta de la superficie de una ristra cordonal de células, *¿cómo integrar la operación de las restantes células periféricas para colaborar nadando hacia ella, o para controlar globalmente, unitariamente, la alternación reactiva entre modos fundamentales de natación en todas las células? ¿Cómo adaptar durante ello al multicelular a su propia masa inercial, que comienza a incidir en sus desplazamientos y debe compensarse?* El medio de propagación es la inducción eléctrica del estado celular que genera la reacción de movimiento adecuada para responder a la presencia del objeto. ¿Puede hacerse sólo con medios electrotónicos o se necesitan fibras para referirse a objetos? Las señales bioeléctricas pasivamente propagadas no se ciñen a las simples noticias que pueden describirse con la ecuación del cable, como ya mencioné. Explicarlo requerirá el resto de esta sección; el tema es muy importante, pero más físico que biológico. Luego, en la próxima sección comenzaremos a ver cómo evolutivamente se aplicaron estos mecanismos para generar cierto menú de contenidos mentales en psiquismos circunstanciados a ellos.

La cuestión aquí es, pues, la propagación a células vecinas de la referencia a cada encuentro. En analogía a los "Coelenterata" y a todos los fila animales modernos de mayor complejidad, incluso a las señales eléctricas propagadas sin sistema nervioso en Porífera, el *informe intercelular* debe ser necesariamente supuesto como medio para compensar en las funciones de relación la compartimentación seleccionada en la función reproductiva. Es un modelo familiar de problema filosófico. Tal como todo dualismo supone mediación, también la celularidad virchowiana requiere elementos mediadores *intercelulares* para explicar el organismo. Pero, ¿cómo se propaga la adecuación del control ciliar referida a un particular encuentro, cuando no hay tejido nervioso y las células son iguales?

Las mencionadas estructuras de interferencia del potencial de membrana sobre una célula de superficie, *referidas a* algún evento relevante que acontece afuera del organismo (tal como la vecina presencia de micelas nutrientes o de presas, iniciación de tropismos de contacto, o concentración química local), *deben* forzosamente propagarse sobre las membranas celulares de las células superficiales vecinas y, con ello, propagar también la referencia relevante a ese evento extraorgánico - que es relevante en tanto *típico.* (Tal tipicidad o tipificación es un crucial rasgo biofiláctico, que habrá de conservarse hasta en

[79] M. Crocco (1971), "Conciencia, inconsciente, interioridad y modelos holográfico-holofónicos", Rev. Arg. de Psicologia # 11 (Junio), 55 - 66; (1971 b) *Filogénesis de los mecanismos intraencefálicos de posicionamiento objetal*, comunicación a la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, Agosto 1971 y al Consejo Nac. de lnvestigaciones Científicas y Técnicas, Presidencia de la Nación, 1972.

el *noûs poieetikós*[80]). Esto puede ocurrir controlando el batir ciliar por acción de actina-miosina[81] en el conjunto de la cámara fibrilar del cuerpo basal de cada axonema individual o, de otra manera, por acción directa del campo eléctrico sobre los cuerpos basales o sus otras estructuras supramoleculares. Pero en cualquier caso la clave es modular las acciones de todas las células involucradas. Ello implica distribuir, a través de *la infraciliatura completa*, los simultáneamente diferentes grados de fuerzas transversales, sean mecánicas o de campo, que integralmente disponen dicho control.

La distributividad es la clave; el organismo es el dispositivo químico para alcanzar tal respuesta analógica (precursora de todas las formas más complejas de simulación estructural) por las rutas del arco hodológico comportamental, sensoriomotriz o estímulo-respuesta. Fuerzas uniformes indiscriminadamente aplicadas a las bases de todos los axonemas no pueden reaccionar adaptativamente para aproximar a la ristra de células hacia estímulos loculados (especialmente en modos de nutrición de tipo raptorial o afines) porque, de acuerdo con la mencionada "*equilibrium-point hypothesis*"[82], en esas circunstancias el "campo" (distribución) de fuerzas elásticas no proveería una caracterización "completa" de la postura del organismo suficiente, como señalé, para resolver *analógicamente* los problemas computationales atingentes a su control y representación y a las propiedades mecánico-viscoelásticas de la motilidad de los efectores. Esta distributividad, por lo visto necesaria, requiere que el estímulo desencadene una distribución iónica[83] (ningún otro tipo de portadores de carga, por ejemplo electrones, están disponibles para ser reestructurados volumétricamente) que apareje la respuesta comportamental apropiada.

Fuera de un retardo simulativo adaptativamente breve, las otras variables "dimensiones" de la simulación galvánica son aquellas de la superficie del organismo, es decir al menos dos dimensiones si cierta distancia a la membrana citoplasmática permanece constante (esto es, constante tanto para la estructuración interna de la distributividad de los portadores de carga, cuanto para

---

[80] El *noûs poieetikós* es el sistema de las particulares combinaciones de operaciones, ensayadas durante el desarrollo intelectual y disponibles en cada psiquismo, que conservan ("apercepción") los objetos cuya naturaleza se comprende ("percibidos") al aplicarse extramentalmente sobre ellos; y que, si el objeto está ausente, ponen al órgano cerebral en el estado al que el psiquismo reacciona volviéndoselo a presentar sensacionalmente ("reimaginación mnésica", "recordación" o "evocación").

[81] T. Ando, N. Kobayashi y E. Munekata (1993), "Electrostatic potential around actin", in: H. Sugi and G.H. Pollack, eds., *Mechanism of myofilament sliding in muscle contraction*, Adv. Exper. Med. & Biol. **332**, 361-376.

[82] F. A. Mussa-Ivaldi, S. F. Giszter y E. Bizzi (1990), "Motor-space coding in the central nervous system", Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. **40**, 827-835.

[83] M. Schmitz (1985), "X-ray microanalysis in cryosections of natively frozen *Paramecium caudatum* with regard to ion distribution in Ciliates", Scanning Electron Microscopy 433-445

los eventos externos aludidos[84]). Este aspecto analógico de la respuesta es lo que previene agotarla en reacciones bioquímicas e inserta la necesidad de recurrir a un articulable esqueleto galvánico.

Pero toda variación espaciotemporal (mejor dicho, toda variación sobre la dispersividad de las fuerzas y sobre la transformación causal de las estructuras) que moldee la distribución de iones citoplásmaticos es atenuadamente detectada en voltaje (*voltage-sensed*) por las concentraciones iónicas vecinas - aunque apantallada a través de las dos membranas bilipídicas contiguas con canales escasos o aún no especializados para la transmisión intercelular. Es decir: aunque la atmósfera iónica se conduce no linearmente, cada cresta en concentración en una primera célula todavía atrae un valle en el intersticio intercelular y en la segunda célula o células vecinas. De modo que, en casos de compartimentación geométrica de las fuentes del campo eléctrico, cada variación periódica portadora de onda es inductivamente trasmitida allende la membrana limitante de su célula, con un desfasaje centrado en la media onda.

Ello superpone un oscilador forzado, de amplitud preponderantemente paralela a la membrana local, sobre la isotropía termal de los desplazamientos de las fuentes mocionalmente disponibles del campo eléctrico. Estas fuentes, claro está, son principalmente los iones hidratados "libres" desplazados por causas que remiten a los sucesos ambientales en curso.

Lejos de ser completamente "libres", esos iones arrastran su capa de hidratación, o cortejo de moléculas de agua que se les adosan. Y tampoco el agua del citoplasma les abre camino tan fácilmente como lo haría una masa de agua pura. La viscosidad es mucho mayor que la del agua pura porque gran parte del agua citoplasmática está estructurada[85, 86, 87, 88] como sucesivos

---

[84] *Cf.* "Instantaneous Distribution of Field Sources around the Laminar Battery", § 1.2.13 en Alicia Ávila y M. Crocco (1996), *Sensing: A New Fundamental Action of Nature* (Folia Neurobiológica Argentina, vol. X: Institute for Advanced Study, Buenos Aires), pág. 239 ss.

[85] William Negendank y Ludwig Edelmann, compiladores (1988), *The State of Water in the Cell* (Scanning Microscopy Intl., Chicago) (ISBN 0-931288-40-1), pp. 1-114; Cooke, R. y Kuntz, I. (1974), "The properties of water in biological systems", Annual Review Biophysics Bioengineering **3**, 95-126.

[86] Gilbert N. Ling (1992), "Can we see living structure in a cell?", Scanning Microscopy **6** # 2, 405-450; (1990), "The Physical State of Potassium Ion in the Living Cell", Scanning Microscopy **4** # 3, 737-768.

[87] F. Franks (1975), *Water, A Comprehensive Treatise* (Pergamon Press, Londres); F. Cope (1975), "A review of the applications of solid state physics concepts to biological systems", J. Biol. Phys. **3**, 1-41.

[88] C. Hazelwood, B. Nichols y N. Chamberlain (1969), "Evidence for the existence of a minimum of two phases of ordered water in skeletal muscle", Nature **222**, 747-750; C. Hazelwood, D.Chang, B.Nichols y D. Woessner (1974), "NMR transverse relaxation times of water protons in skeletal muscle", Biophys. J. **14**, 583-606; S. Mascarenhas (1974), "The elec-

mantos moleculares o capas adosadas al citoesqueleto y a las macromoléculas del citoplasma. Pero con mayor o menor movilidad, todos los portadores de carga desplazables reaccionan a las variaciones de la intensidad intracelular del campo eléctrico. Estas variaciones, lejos de la membrana celular, suelen oscilar bastante en torno a un valor medio de unos diez voltios por metro. Algunas de esas cargas ejercen también acción química, por la cual sus desplazamientos pueden generar ondas de presión o pulsos hidráulicos, todavía mal investigados, por ejemplo al obrar esas cargas en forma coordinada sobre muchos puntos del citoesqueleto o de moléculas contráctiles asociadas con él. Hasta es posible que esos pulsos de presión, que sólo se amortiguan a la mitad de su valor a distancias mayores que el tamaño medio de las células, puedan volver a actuar sobre su propia generación eléctrica y, en geometrías adecuadas, hasta causar así su autopropagación. Ello puede ocurrir por vía de afectar los canales iónicos en la membrana celular que esos pulsos deforman; estos canales a menudo no sólo responden al voltaje sino son también mecanosensitivos.

Mientras los momentos de fuerza se restrinjan a cotas razonables, y allí donde el acople vibracional sea fuerte, para cada especie de ión o de molécula los estados vibracionales pueden equilibrarse bastante rápidamente (comparados con el rango de frecuencias de las variaciones de potencial relevantes). Pero la variación estructurada ("*patterned*") en posiciones de equilibrio y amplitudes de vibración superpone inductivamente, sobre la agitación termal del agua (en gran parte ordenada, como dije), una dinámica molecular global diferente para cada cresta y cada valle de potencial surgido de cambios de concentración/dispersion en la vecindad. Esta dinámica es de pequeña amplitud, por cierto; pero es coherente respecto al batir ciliar. Y las adiciones externas añadidas ("*pumped in*") al potencial termodinámico por cada ion, asociadas con la corrección a la energía libre, son *direccionales:* su amortiguación difiere para ondas elásticas de excitación transversal y longitudinal[89]. Estos cambios (= variaciones, hacia cierta dirección, en las distancias de apantallamiento de todos los portadores de carga alineados en esa dirección), localmente detectados como una deriva del campo alterno superpuesta sobre el estado de campo de fondo uniforme (= con fluctuación media nula para esta ventana de duración), seguramente no alcanzan a imponer una relación señal a ruido suficiente para ser detectada en la escala de los originarios campos iónicos de origen termal. *Pero en cambio esos cambios llevan información en la escala de estructuración ("patterning") relevante para el control global del batir ciliar.* ¿Cómo pueden ser detectables?

Los vientos consisten en el desplazamiento de masa (convección) que forman las moléculas atmosféricas. ¿Cómo lo originan? Sumando desplazamientos que no se cancelan. Las brisas, mucho más lentas que los movimientos al azar de sus portadores las moléculas de aire, son percibibles en escalas donde el desplazamiento de estos portado-

tret effect in bone and biopolymers and the bound water problem", Annals of the New York Acad. Sci. **238**, 36-52.

[89] L. Brillouin (1949), *Les tenseurs en mécanique et en élasticité* (Masson, Paris), pp. 348/349.

res se ha tornado indiscernible. Uno puede detectar cuando una brisa vira, se detiene, o recomienza debido a este efecto de escala; los vientos no soplan para las moléculas individuales, aceleradas a las velocidades de una bala o del sonido.
El comportamiento de la relación señal a ruido del efecto de deriva iónica intercelular se asemeja al observado cuando las ondas de presión de una suave brisa atmosférica - digamos, una de cinco kilómetros por hora - requieren un cambio de escala para que su superpuesta anisotropía se torne discriminable desde el mucho mayor, pero cancelado en isotropía, movimiento termal al azar de sus moléculas atmosféricas portadoras. En ámbitos más viscosos, ello permite detectar los pulsos hidráulicos de la circulación sanguínea ¿Y qué decir de las corrientes marinas y otras convecciones? En astronomía un similar efecto de escala segrega las estructuras ligadas por gravitación.

El desfasaje es, pues, importante para detectar este modo de señalar, porque en el citoplasma la densidad de energía involucrada, de las variaciones absolutas direccionales así externamente impresas sobre estos campos, es mucho menor, también por varios órdenes de magnitud, que la densidad de energía asociada con el movimiento termal. La intensidad de campo en el citoplasma, aunque basta para orientar la polimerización de los componentes citosqueléticos, es al menos diez mil veces más débil que la de membrana[90, 91]; y de este modo las corrientes inducidas son mucho más pequeñas que las corrientes endógenas asociadas con los procesos de membrana. Por esta razón son necesarias las propiedades de amplificación "tipo vernier", basadas en desfasaje, de las estructuras de interferencia y correlogramas.

El énfasis *sináptico* de la teoría de la neurona infería, al contrario, que el primer dispositivo proterozoico propagador de señales fue también una translocación química entre células. Esta errónea suposición acarreó forzosos dilemas referidos a ruido, escalas, velocidades, canales, bombeo, recaptación, empobrecimiento y ausencia de conducción antes de la selección natural y el circuitado de tejidos especializados en la conducción. Tal suposición no es para nada necesaria para conseguir sumación y habituación, que hace mucho se conocen en organismos acelulares y eran piedra de escándalo para las explicaciones celularistas de las funciones de relación. Pero para abandonar los modelos hodológicos de la teoría de la neurona al modelar la primigenia función del tejido neural, no necesitamos esperar un análisis completo de las características electrodinámicas y densidades de corriente ligadas a la ocurrencia de interacciones de luengo rango relacionadas al campo electromagnético, como magnetofosfenos y magnetoestimulación transcraneal o neuroprótesis implantadas para "visión artificial" en humanos, declinación nocturna de la melatonina en mamíferos[92], coordinación electrotónica espinal de la motrici-

[90] R. Nuccitelli, T. Smart y J. Ferguson (1993), "Protein kinases are required for embryonic neural crest cell galvanotaxis", Cell Motil. Cytoskel. **24**, 54-66 (ver pág. 63).

[91] Y. Nishizuka (1988), "The molecular heterogeneity of protein kinase C and its implications for cellular regulation", Nature **334**, 661-665.

[92] M. Crocco, M. Szirko y N. C. Contreras (1994 a), "Melatonina: un antioxidante con capacidad citostática sensitiva a las intensidades electromagnéticas circundantes", Electroneurobio-

dad en reptiles[93], regeneración de miembros en anfibios, electrosensitividad en algunos "peces", y otros putativos bioefectos del campo. Ni siquiera necesitamos esperar algunos años más, a fin de disponer de la cuantificación de los atributos elásticos, estructura micromecánica y cambios dinámicos de las células pese a su "blandura", midiendo con microscopía de fuerza atómica (*tapping mode of atomic force microscopy*) sus curvas de fuerza: es decir, mapeando en fuerza el módulo elástico y sus variaciones de campo o electrorreológicas. Para abandonar las hodologías al concebir y modelar la conformación de estacionaridades referibles por estructuración de campo, en el esqueleto galvánico de cualquier atmósfera iónica de materia condensada en estado líquido, es superfluo aguardar el conocimiento maduro de los mecanismos biofísicos[94] en las *subsecuentes* escalas de tamaño y acuidad que, a lo alto y ancho de la infraciliatura, logran debida distribución espacial de los portadores de carga submembranales. Sería como diferir el uso diagnóstico del tomar el pulso hasta poder modelar su producción en la escala atómica del flujo arterial. Tal como las brisas, el pulso sanguíneo y las corrientes marinas se "segregan" de sus otros movimientos componentes, mucho mayores en ciertos aspectos, que distribuyen las presiones en la escala molecular de la dinámica de flúidos, deformando la estructurada mecánica de estos movimientos componentes como una solución acoplada de diferentes sistemas de ecuaciones diferenciales parciales, igualmente los modos de variación de los valores de campo intracitoplásmaticos o del plasmalema simplemente reflejan los modos de variación en las circunstancias electrostáticas de los portadores de carga y sus velocidades de cambio (estados de concentración-dispersión y electrodinámica).

---

logía **1** (2) (marzo/abril 1994), 30-44; (1994 b) M. Crocco, "Settings befitting for melatonin-enhanced interleukin-2 therapy in resected exocrine pancreatic adenocarcinomæ", Electroneurobiología **1** (2) (marzo/abril), 45-59, reimpreso en: La Semana Médica **178** # 5555 (noviembre 1994), 187-199; (1994 c) M. Crocco and M. Szirko: "Melatonina: desde la filogenia de las kinesias a la inmunomodulación antimetastásica", La Semana Médica **178** # 5556 (diciembre 1994), 1-15.

[93] Svirskis, Gytis; Gutman, Aron y Hounsgaard Jørn (2001), "Electrotonic Structure of Motoneurons in the Spinal Cord of the Turtle: Inferences for the Mechanisms of Bistability", Journal of Neurophysiology **85** (1; Jan.), pp. 391-398.

[94] Ello es así aunque - para mencionar unas pocas de las propuestas teóricas más elaboradas en la literatura - estos mecanismos de soporte se basasen en llana difusión, en procesos ondiculares ("*wavelet-transform describable*"), o involucrasen relajaciones de carga y momento via plasmones propagados por el citosqueleto bajo la superficie de la célula, o atrapamiento y transferencias de excitones en la retícula percolante de puentes alternantes de hidrógeno; conversiones de fluctuaciones de campo desde formas no radiativas a formas radiativas excitónicas y viceversa, para modular en el tiempo la auto-inducción; mecanismos excitónicos o de tipo solitón de la señalización ("*signalling*") vibracional para conducir electrones y vibraciones de los puentes de hidrógeno a lo largo de porciones de proteínas diferentes de las α-hélices, o modulación de la orientación de los dipolos en agua estructurada por via de la precesión de Larmor, de modo de afectar la cinética de superficie.

Volvamos por tanto a las formas cordonales, organismos formados por células dispuestas en ristra con algunas células exteriores y otras interiores o axiales. Así pues, mucho antes de la selección natural de algo similar a las sinapsis para compendiar los estados de algunas regiones del sistema en otras, la repetición, o nueva propagación del estado *local* del potencial de membrana (generado por concentración o dispersión de especies iónicas, es decir de fuentes del campo dispersas, en la *porción cortical* del citoplasma), fue compendiada como la variación temporal de los valores del campo resultantes de la integración[95, 96] de dichas cargas. *Y por sobre los niveles de umbral*[97] (establecidos por los valores de viscosidad que se oponen al movimiento de las cargas y sus capas de hidratación, y por la geometría y tamaños de las capacitancias), *toda variación, en el regular secuenciamiento de estos valores de campo en alguna primera célula de la ristra, conlleva una capacidad transmembranal de influir inductivamente,* tanto sobre (a) *la directa concentración cortical o dispersión de especies iónicas en el estrato submembranal citoplasmático de una segunda célula* (movimiento inducido por el campo, que a su vez excita su re-estabilización fisiológica, reorganizando o remodelando adaptativamente la conformación eléctrica o "*patterning*") cuanto sobre (b) *toda serie molecular de cargas que sirva como especial sensor de voltaje cubriendo el espesor de las membranas de la segunda célula*[98, 99, 100]. Y esta influencia inductiva se verifica antes de que ninguna efectiva translocación de fuentes de campo de una célula a la otra pueda modular este proceso.

---

[95] R. Pethig y D. G. Kell (1987), "The passive electrical properties of biological systems: their significance in physiology, biophysics and biotechnology", Phys. Med. Biol. **32** # 8, 933-970; M. Kasha (1991), "Energy transfer, charge transfer, and proton transfer in molecular composite systems", Basic Life Sci. **58**, 231-51 and discussion 251-55; R. Pethig (1979), *Dielectric and electronic properties of biological materials* (Wiley, Chichester); D. S. Faber y H. Korn (1989), "Electrical field effects: their relevance in central neural networks", Physiol. Rev. **69**, 821-863.

[96] L. F. Jaffe, K. R. Robinson y R. Nuccitelli (1974), "Local cation entry and self-electrophoresis as an intracellular localization mechanism", Annals N. Y. Acad. Sci. **238**, 372-389; G. C. Brown (1990), "Electrostatic coupling between membrane proteins", FEBS Lett **260**, 1-5.

[97] S. S. Nagarajan, D. M. Durand y E. N. Warman (1993), "Effects of induced electric fields on finite neuronal structures: a simulation study", IEEE Trans. Biomed. Eng. **40** # 11, 1175-1188.

[98] D. E. Logothetis, B. F. Kammen, K. Lindpainter, D. Bisbas y B. Nadal-Ginard (1993), "Gating charge differences between two voltage-gated K+ channels are due to specific charge content of their respective S4 regions", Neuron **10**, 1121-1129.

[99] D. M. Papazian, L. C. Timple, Y. N. Jan y L. Y. Jan (1991), "Alteration of voltage-dependence of Shaker potassium channel by mutations in the S4 sequence", Nature **349**, 305-310.

[100] E. R. Liman, P. Hess, F. Weaver y G. Koren (1991), "Voltage-sensing residues in the S4 region of a mammalian K+ channel", Nature **353**, 752-756.

Estamos pues considerando algo muy similar a lo reconocido, con el concepto original[101] de efapsis, en nervios periféricos hiperexcitables, como acople inductivo "lateral" o independiente de su estructura morfológica; no su concepto más reciente. Este último fue obtenido tras visualizar la morfología efáptica con microscopía electrónica, al descubrirse los ionóforos - "conexones" - ponteando a través del electrolito intersticial que dirigen iones y pequeñas moléculas cargadas hacia la próxima célula. Para no confundirlos, conviene pues tener presente la vieja noción de efapsis como "puertas" inductivamente operadas. En nuestra tradición neurobiológica, de modo confesadamente anticuado, el nombre "efapsis" de tiempos de Jakob siguió denotando[102] el "*electrical touch*" o "*cross-talk*" mediado por campo, o *inductive field coupling of activities* sin utilización necesaria (pero tampoco prohibiéndola) de junciones microanatómicas especializadas o incluso superficies aposicionales. Se trata pues de la noción electrotónica de efapsis como junción estrecha para portadores químicos de carga que no operan en tanto reactivos de cierta cadena de transformaciones químicas sino sólo en cuanto son portadores de su carga, pero bien atravesando o bien sin atravesar ellos mismos la junción. Por eso no nos interesan en esta sinopsis las variedades de uniones celulares ni su variable extensión superficial, excepto en cuanto afectan la inducción transcelular. Las variaciones de los potenciales, aunque pueden tener componentes de todas las frecuencias periódicas, a menudo pueden transmitirse transmembranalmente sólo en la vecindad de algunas eigenfrecuencias bien definidas y reconocidas resonancias. La respuesta de las membranas celulares a otras variaciones periódicas es, naturalmente, mucho menor que aquella a ciertas frequencias específicas casi exactas.[103] Ante ellas, las moléculas en cadena pueden modificar su conformación y funcionamiento fisiológico; bajo energías suficientes, cuya existencia intracelular no se presume en estas escalas, hasta podrían hidrolizarse en sus eigenfrecuencias, tal como las copas de cristal que una soprano rompe emitiendo la nota apropiada. Sin llegar a tan líricos extremos, e*sto también contribuye a la mecanosensitividad*: los canales bacterianos mecano-abiertos de gran conductancia, que detectan la tensión mecánica en sus membranas enfundantes, reaccionan a las pequeñísimas tensiones transmitidas por la bicapa lipídica, incrementando por varios órdenes de magnitud la probabilidad de sus estados abiertos.

Debido a esta *prioridad física y filética de las efapsis sobre las sinapsis* para operar inductivamente en organismos que compartimientan sus expresiones génicas, evolutivamente antes de que tales efapsis adquirieran conexones o

---

[101] A. Arvanitaki (1942), "Effects evoked in an axon by the activity of a contiguous one", J. Neurophysiol. **5**, 89-108.

[102] Alicia Ávila y M. Crocco (1996), *Sensing: A New Fundamental Action of Nature* (Folia Neurobiológica Argentina, vol. X: Institute for Advanced Study, Buenos Aires), §§ 1.2.24 and 1.2.10, pág. 263-264 y 234-237.

[103] T. Triffet y H. S. Green (1988), "Information transfer by electromagnetic waves in cortex layers", J. theor. Biol. **131**, 199-221; W. R. Adey, "Tissue interactions with nonionizing e-m fields", Physiol. Rev. **61** (1981), 435-514; "Biologic effects of electromagnetic fields", J. Cell Bioch. **51** (1993), 410-6.

ionóforos y fisiológicamente antes de que procediesen las trasmisiones químicas, la variación temporal de las estructuras de campo eléctrico en las células exteriores de formas cordonales resulta la etapa terminal adonde desemboca toda la química fisiológica procesualmente precedente. Esta última etapa en el proceso fue seleccionada muy precozmente en el tiempo, como el dispositivo orgánico para representar simulativamente la ocurrencia y variación secuencial de eventos relevantes.[104]

Jegla y Salkoff establecieron[105] que los orígenes de un laxo grupo de canales para iones, "*the K^+ gene family that includes the metazoan cyclic nucleotide-gated channels, plant hyperpolarization-dependent K^+ channels and the Paramecium channels" "must have predated the advent of multicellularity, and probably electrical excitability. Their ancestral functions were likely related to the maintenance of resting potentials and volume regulation, having later been altered to serve a wider variety of functions . . . The metazoan voltage-gated K^+ channels may well have evolved from an ancestral channel that looked very much like members of this . . . group of channels" y "shares a common evolutionary origin with the voltage-gated Na^+ and Ca^{2+} channel gene families*." ("la familia de genes [para canales iónicos] K^+ que incluye [la producción de] los canales abiertos y cerrados por nucleótidos cíclicos en metazoos, los canales K^+ dependientes de hiperpolarización en las plantas, así como los canales en *Paramecium*", "debe haber precedido al advenimiento de la multicelularidad, y probablemente de la excitabilidad eléctrica. Sus funciones ancestrales estaban probablemente ligadas al mantenimiento de los potenciales de base y la regulación del volumen, habiendo sido modificados luego para servir en una amplia variedad de funciones ... Los canales K^+ abiertos y cerrados por voltaje de los metazoos bien pueden haber evolucionado desde un canal ancestral que mucho se parecía a los miembros de este ... grupo de canales" y "comparte un origen evolutivo común con las familias de genes para canales Na^+ y Ca^{2+} abiertos y cerrados por voltaje."). (Ver también Ref. 106).

Por cierto, la regulación del volumen iónico por vía del potencial de hidrógeno (pH) e, incluso, alguna regulación de las proteínas de membrana[107] vía pH puede reputarse mucho más temprana que la adquisición de dispositivos ciliares. Evolucionó desde el mismo origen de los organismos reproducibles en el planeta, durante aquellos 1800 millones de años que van desde 3850 millones de años ha en la era Eoarcaica, más todas las restantes eras del Arcaico (3600 a 2500 millones de años ha) y los dos primeros períodos de la era Pa-

---

[104] A esta función integrativa de los tejidos neuronoemáticos tanto como de sus precursores, en nuestro laboratorio la llamamos abreviadamente Función 1.

[105] T. Jegla y L. Salkoff, "Molecular evolution of K+ channels in primitive eukaryotes", en *Molecular Evol. of Physiol. Processes* (Rockefeller U. Press, 1994), 213-222.

[106] D. A. Dougherty (1996), "Cation-π interactions in chemistry and biology", Science **271** (12 Jan.), 163-168..

[107] A. Watts (1995), "Membrane proteins: binding and insertion events", Bioch. Soc. Trans. **23**, 959-965

leoproterozoica (Sideriano y Rhyaciano, 2500 a 2050 millones de años ha). Llegó así a ser oportunamente empleado para acoplar la dinámica de las estructuraciones membranales de las ciliaturas (los cambios en sus conformaciones o "*patterns*") con la arquitectura submembranal de la infraciliatura por medio de oscilaciones espaciotemporales de concentration-dispersion iónica y ondas de pH. Estas por supuesto implican variaciones del tensor de campo eléctrico. La transmisión intercelular, abierta o cerrada por voltaje, de estructuras espaciotemporales de concentración-dispersión iónica, a su vez, con toda seguridad puede haber sido ejecutada incluso por vía de la operación sobre portadores de carga "libres" en el citoplasma, antes de explotar las pérdidas de histéresis infligidas: esto es, con mucha anterioridad a que ningún canal abierto y cerrado por voltaje ("*voltage-gated*") desplegase su geometría - que abraza el espesor de la membrana - como "antenas" para amplificar la eficacia de esta transmisión intercelular. Es decir, mucho antes de la selección de medios especiales para insertar otra etapa "amplificadora" del acople transductivo, a cargo de proporcionar, para los subsecuentes pasos transduccionales, substancialmente más energía que la que existía en los eventos iniciales.

Empero esta mejora, una "antena para *variaciones* de fluctuaciones no-radiativas" es de tan grande consecuencia que, una vez que los multicelulares aparecieron, la presión de selección para estos canales especializados abiertos por voltaje debe haber sido de lo más significativa.

Esta mejora debe también haberse adquirido muy rápidamente en la evolución de las funciones integrativas superiores de estos innovativos organismos, los multicelulares. Y debe haberse utilizado tanto para acople interno como para modos generalizados de caracterización extracorpórea, como hoy lo vemos, por ejemplo, en los especializadísimos electrocitos de los "peces" mormyriformes, o en los receptores de la piel del pico en ornitorrincos (*cf*. Ref. 102 p. 830).

Similar apreciación de esta rapidez expresan Jegla y Salkoff en su p. 217: "*It is likely that much of the molecular evolution of neurons occurred in simple diploblast cnidarian such as the jellyfish*" ("Es probable que buena parte de la evolución molecular de las neuronas ocurriese en sencillos cnidarios diploblastos como las medusas"). Pero la aproximación química, no obstante su crucialidad, tiende a subrayar los aspectos no espaciales de la transmisión de célula a célula, mientras en contraste el control ciliar en multicelulares ciliados requiere preservar las noticias distribuídas que sitúan la señal trasmitida en el "mundo objetal" (aún inmanifestativo, o no empsiqueado; *cf*. Ref. 94 § **1**.3.23, p. 386), a fin de operar comportamentalmente sobre su estímulo desencadenante en el universo de cosas externas.

Por donde bien puede haber resultado[108] que los Protozoa acelulares ciliados hayan desarrollado su control ciliar apoyándose en corrientes de Ca^{2+} y Na^{+}

[108] Del control ciliar desarrollado por protozoos ciliados acelulares descendieron ulteriormente las funciones cerebrales – siempre como nivel regulatorio más superior de los organismos. De igual modo que la avascularidad (evolutivamente originada mucho después que el

más intensamente que la biodiversidad que utilizó expresiones genómicas multicompartimentadas, a cuyo servicio podría haberse seleccionado un especializado grupo de canales de K^+ abiertos por voltaje. Así encontramos que la modulación del influjo de Ca^{2+} se alcanza, ahora, tanto por una directa inflexión de la ruta del influjo de Ca^{2+} como, *también*, por modulación indirecta de canales de K^+ y Cl^-, que atenazan la membrana con un potencial suficientemente negativo para proveer el motor capaz de sostener un influjo estable de Ca^{2+}.

En modo opuesto a la mera alveolación de los córtices ciliados, las expresiones genómicas multicompartimentadas particionan las entrañas del organismo entero. Ello urge inmediatamente la selección natural de canales adecuados para estas paredes membranales, como "antenas" para la transmisión intercelular.

Estas "antenas moleculares para detectar variaciones no radiativas de campo" no son del todo distintas de los electrorreceptores de fotones[109]. Estos, aparte de aplicarse a las respuestas dinámicas de las biomoléculas a las - fotoiniciadas - excursiones fuera del equilibrio, son también afines a la electromecanosensitividad, hallándose a menudo unidos a las interacciones membrana-citoesqueleto empleadas para transmitir o transducir tensiones. Pero previamente a tales "antenas" moleculares, lo que es realmente central, para la evolución de las funciones integrativas más superiores de esta biodiversidad multicelular, es que las tres especies iónicas colaboran en disponer una estructura interna de campo espaciotemporalmente moldeada ("*patterned*") *para reflejar y operar sobre episodios externos relevantes efímeros*. El moldeo o conformación espaciotemporal ("*patterning*") de esta estructura de potencial es un genuino esqueleto electromagnético tallado en las intensidades instantáneas de un medio continuo (el campo) e improntable por el ambiente para

control ciliar) fue retenida por las células cerebrales mucho más allá de la selección y refinamiento, por su órgano, de la circulación vascular de linfas y sangre, también los rasgos principales del control ciliar, mediados por campo, fueron retenidos por las células cerebrales mucho más allá de la selección y refinamiento, por su órgano, de la orquestación ganglionar de pautas motoras precircuitadas (*prewired motor patterns*). Desde esta posición física desarrollaron evolutivamente la regulación por interacciones sensoriales que asumió el nivel regulatorio más superior del organismo, tal como la avascularidad retenida desarrolló "castas" celulares alimenticias (astrocitos) que asumieron el transporte de nutrientes y permitieron engrosar el tejido gris cerebral manteniendo su subórgano intersticial. Determinarlo fue uno de los principales resultados de mi mencionado trabajo sobre el subórgano intersticial cerebral en los años de 1960. Los protozoos ciliados acelulares pudieron desarrollar su control ciliar basándose más completamente en corrientes de $Ca2^+$ y Na^+ que la biodiversidad que multiplicó y multicompartimentó expresiones genómicas.

[109] G. N. Akoev, V. D. Avelev y P. G. Semenjkov (1995), "Reception of low-intensity millimeter-wave electromagnetic radiation by the electroreceptors in skates", Neuroscience **66** # 1, 15-7; R. G. Northcutt, K. C. Catania y B. B. Criley (1994), "Development of lateral line organs in the axolotl", J. Comp. Neurol. **340** # 4, 480-514.

detectar eventos en él y reaccionar a tales eventos. El mismo es el instrumento fisiológico conservado durante esta evolución, independientemente de la selección de genes para producir nuevos canales proteínicos que lo refinen.

No sólo referencia conductual a eventos, sino también un primordio de representación de su proyección topográfica fue adquirido con este moldeo de la estructura de potencial. Por supuesto ello ocurrió mucho antes de la selección natural de la producción, como instrumento biofiláctico, de contenidos mentales en psiquismos. Tras esta crucial innovación (tosco mapeo, o *generalized mapping*), los mencionados procesos paleoneurobiológicos que siguieron, mejor conocidos, sucesivamente desarrollados y encápticamente incluídos uno en otro, es decir subepitelización, fibrilarización, plexusificación, ganglionarización, neuropilarización, corticalización y neocorticalización, preservaron esa original herramienta adaptativa, la interferencia distribuída moldeo o conformación espaciotemporal ("*patterning*") de esta estructura de potencial, por la cual una estructura física puede *mapear y referenciar* a otra.

Esa estructura fue conservada, pues, en la seriación evolutiva general de las funciones integrativas de relación más superiores. Pero esta estructura de campo nunca quedó privada de sus efectos de campo, aunque su función de *mapear y referenciar* como integrante del nivel más superior de regulaciones en algunos fila animales fue oportunamente adquirida por las hodologías o circuitos neurales de los ganglios. Estos a su vez sin duda ya existían cerca de la divergencia entre platelmintos y bilaterados, tiempos cuya datación es incierta aunque podemos decir con Hausdorf[110] que los "*Bilateria have a several hundred million years long Precambrian history.*"

Cada ganglio nervioso es sólo un dispositivo neurocomputacional. Funciona porque ejecuta su única operación, aquella neurocomputación bosquejada en la nota 10, sobre los riquísimos recursos conexionistas que provee la red neuronal de conexiones variables. Establece su nivel regulatorio sistémico más superior en el arreglo de descargas neuronales, adaptado a las rutas orgánicas seguidas por estas descargas, en vez de establecerlo en el mismo colectivo o esqueleto electromagnético. Éste en cambio en los parénquimas neuropilares modula las andanadas de descargas sostenidas a través del abundante neuropilo y, puesto a disimilar caracterizaciones subjetivas, establece al psiquismo allí circunstanciado como nivel regulatorio más superior del organismo, brindando también salida extramental a las acciones que tal psiquismo origina. De tal modo, como enseguida veremos, la existencialidad eclosionada substituye en ese cometido funcional, en algunos animales, a la innovación hodológica aportada a otros por los ganglios.

Pero en los animales regulados por psiquismo también los ganglios evolucionaron, dentro y fuera de los cerebros. La situación recuerda algo de la del vuelo de los insectos: algunos baten sus alas con músculos que generan ellos mismos las contracciones oscilatorias, mientras otros insectos no generan las contracciones para su vuelo en esos músculos sino que las suscitan con seña-

[110] B. Hausdorf (2000). "Early evolution of the bilateria", Syst Biol. **49** (1; Mar),130-42.

les nerviosas provenientes de los ganglios cerebroides, su nivel regulatorio más superior, sin que por ello en los músculos hayan dejado de evolucionar mecanismos contractivos de nivel subordinado. En los cerebros cordados coexisten ambos niveles regulatorios: coexisten psiquismo y ganglios. Tales ganglios conexionistas, pues, quedan como nivel regulatorio más superior en los organismos sin psiquismo. En los organismos empsiqueados permanecen integrando la anatomofisiología cerebral con un rol subordinado o, según la actividad (por ejemplo, al regular la respiración), subordinable.

Pero recordemos su principal diferencia funcional. En la integración axonal que ejecutan los ganglios nerviosos (en la determinación de la descarga de cada neurona), y que destruye los caminos previamente seguidos por cada elemento del proceso, los estímulos entrantes actúan via *local* por adición de cargas difundidas. Por ello, toda traza de sus itinerarios espaciotemporales inmediatamente previos *a través del neuropilo* se pierde. Ello es por otra parte necesario para el proceso de su computación.

Si esta *integración monoaxónica y obliteradora de los caminos precedentes (path-obliterating monoaxonic integration*), capacitante sólo para neurocomputar, hubiera corporizado el nivel regulatorio más superior orgánico (como los ganglios nerviosos lo hacen en otros fila), la selección natural de tantas vueltas y revueltas fortuitas en los profusos meandros del neuropilo habría quedado por completo privada de base adaptativa. Pero la masa adquirida por la colosal maraña neuropilar permite al psiquismo, tal como lo esbozo en la próxima sección, operar a través de dos acoples de campo sobre las descargas neuronales que lo atraviesan. Este impresionante hecho paleontológico - fundamento de la presión de selección adaptativa que mantiene esas vueltas y revueltas, energéticamente costosísimas - es lo que *impide* pensar al parénquima neuronoemático como complejo conmutador que, ensamblando todos los niveles adicionales imaginables de complejidad extramental pero sin una existencialidad eclosionada en su cadena causal, permitiese a los estímulos entrantes poner en acción eferencias adecuadas.
No obstante, los ganglios también evolucionaron, como acabo de comentar. Desempeñan así el nivel regulatorio más superior en aquellos nichos ecológicos donde la computación, combinada con otros medios provistos por la conectividad, permite la supervivencia, como ocurre en los fila de "invertebrados". No sólo allí se transformaron, por cierto. También evolucionaron los ganglios intra- y extracerebrales de los organismos que disimilaron estados biofísicos que causasen reacciones entonativas en existencialidades y, por esta disimilación y no por la subordinada evolución de los ganglios, pudieron instrumentar para la biofilaxia o salvaguardia biológica la eclosión de estas existencialidades.

Jakob nos describe - por ejemplo, en *El yacaré y el origen del neocórtex*, página 99 - como consecuencia del "principio orgánico general de la *división del trabajo*" "la 'sensibilización' progresiva de elegidos elementos epiteliales del ectodermis, elevándolos a 'neuroepitelios' debido a la transformación de su

inicial trofoplasma granomatoso en otro filomatoso (neurofibrillas [111]) y por esto más capacitado para producir y conducir reacciones reguladoras dentro de un campo más amplio de estimulaciones del mundo exterior (ambiente) e interior (introyente)". Ello trae la "creación del sistema de 'arcos funcionales sensomotores'" con "localización y concentración de esos elementos neuroepiteliales en ciertas regiones topográficas (estratégicas) para una biofilaxia más efectiva (órganos de los sentidos craneanos, placodas branquiales, periorales, etc.)" cuya "consecuencia es la transferencia sucesiva de tales organizaciones centralizantes, desde la superficie hacia regiones interiores mejor protegidas: ganglios, tubo cerebromedular". Con ello "Se perfecciona su centralización metamérica por la elaboración de sistemas intercalares intra- e intersegmentales, apoyado por el principio de multiplicación de las corrientes [nerviosas] y su consecuencia, la conducción en 'avalanchas procesivas' ..." "Finalmente aparecen ... por encima de la inicial organización periférica refleja (arquineuronal), los sistemas *superreflejos* dirigentes, paleo y neoneuronales...: ganglios cerebroides, vesículas cerebrales". Tal como la evolución de la oxigenación y de la locomoción corrieron separadamente en cada forma animal, también esta evolución de los ganglios nerviosos inmersos en el cerebro, con su recurso a la conectividad, corrió separada a la del más antiguo recurso a los efectos de campo en los cordados, filum que colonizó nichos donde los problemas no resultan definibles para la estructura orgánica; es decir, nichos ecológicos no colonizables por máquinas de Turing.[112] Es visiblemente sobre la combinación de ganglios y psiquismos que los parénquimas neuronoemáticos han sido montados durante la evolución paleontológica.

Instrumentación biológica de psiquismos en la biósfera terrestre

No importa, pues, establecer ni reseñar aquí con mayor detalle cuál fue el itinerario paleoneurobiológico para pasar de los acelulares a los animales con psiquismo. Nos basta saber que el último antecesor común de éstos con los animales sin psiquismo podía esculpir el campo eléctrico de su volumen distribuyendo a cada instante los portadores de carga con una referencia a eventos que, al controlar conductas, establecía el arco estímulo-respuesta; y tener

---

[111] *Cf.* la retícula microtubular de Nissl, Apathy y Bethe: véase el estudio fundamental de Franz Nissl (1903), *Die Neuronenlehre und Ihre Anhänger: Ein Beitrag zur Lösung des Problems der Beziehungen zwischen Nervenzelle, Faser und Grau* (G. Fischer, Jena); y Bruce M. Alberts, Alexander Johnson, Julian Lewis, Martin Raff, Keith Roberts y Peter Walter (2002), *The Molecular Biology of the Cell* (Garland Pub. Co.).

[112] Una serpiente miniatura sudafricana, *Leptotyphlops emini,* presenta el cerebro cordado adulto más pequeño, de dos milímetros de largo. Sin embargo funciona como cerebro y no como ganglio nervioso, ya que la forma de vida del ofidio requiere la producción de sensaciones para poder dirigir su conducta en un nicho ecológico que es lambda-indefinible, o sea que requiere transformar accidentes en oportunidades en un modo que no le podría ser descripto a un sistema máquinal o máquina de Turing.

presente que al iniciarse la multicelularidad el esculpido de cada célula moldeaba el de las contiguas. Tampoco necesitamos analizar aquí las formas que asumió el tejido especializado de conducción nerviosa, que formó los plexos fibrilares (o sea, de fibras nerviosas) que luego se concentraron en ganglios; todos los textos sobre filogenia del sistema nervioso lo describen. Lo que importa es que al menos en un filum, Chordata, la innovación consistente en el funcionamiento de los ganglios, que destruye los caminos previamente seguidos en cada elemento del proceso, no eliminó los más antiguos efectos de campo que he venido comentando; y que, *debido a disponer de ellos como recurso fisiológico*, en algún momento de la filogenia los psiquismos fueron seleccionados para asumir el nivel más superior de regulaciones del organismo.

Sería caer en la falacia del *post hoc, propter hoc* - "*después de esto"* significa "*a causa de esto*", con su famoso ejemplo de suponer a la ligera que llovió porque encontramos la acera mojada - suponer apresuradamente que porque los contenidos mentales aparecieron después de los ganglios nerviosos fueron causados por éstos. No cabe desechar con ese falaz razonamiento que el proceso de inducción de campo que los ganglios, al ser seleccionados, conservaron como efecto colateral o secundario en Chordata (y como un mero "ruido" electromagnético en otros fila) haya permitido generar contenidos mentales en psiquismos separadamente eclosionados y poner a tales psiquismos en ese nivel regulador más superior, en medio del arco estímulo-respuesta.

Y tal fue el caso. Incluso es posible, y constituye la excepción mencionada más arriba, que medio eón después, o tal vez alrededor de unos 150 millones de años ha, también en algunos cefalópodos haya ocurrido lo mismo.[113] Si ello así fuese, evidenciaría *a fortiori* que el funcionamiento ganglionar - incluso si transitoriamente desempeñase el nivel más superior de las regulaciones orgánicas y en él el esculpido del campo electromagnético local obrase sólo

---

[113] Cabe sospechar que también los grandes cefalópodos como *Mesonychoteuthis*, *Moroteuthis*, *Taningia* y *Architeuthis* y los octópodos hayan conservado los mecanismos de alusión objetal mientras desarrollaban sus ganglios y, con la acumulación de un neuropilo bastante meandroso que acompañó el re-escalamiento del tamaño corporal y los hábitos de caza, seleccionaran la producción de contenidos mentales en psiquismos independientemente de los Vertebrata, tal como ocurrió con sus retinas. Pero recuérdese que, si buena parte de nuestra conducta es ganglionarmente mediada, el rol de un sistema ganglionar periférico o "autónomo" en el control de los tentáculos es mucho mayor. *Cf.* N. J. Abbot, R. Williamson y L. Maddock (1995), *Cephalopod neurobiology* (Oxford Univ. Press); J. Mather (1995), "Cognition in cephalopods", Advances in the Study of Behavior **24**, 317-53.; *cf.* también J. Z. Young, *The anatomy of the nervous system of Octopus vulgaris* (Oxford Univ. Press, 1971), pp. 1-18 y P. Graziadei, "The nervous system of the arms", contrib. en J. Z. Young, pp. 45-61; C. Teichert, "Les principales caractéristiques de l'évolution des céphalopodes", en K. Mangold, *Traité de Zoologie: Anatomie, Systematique, Biologie*, vol. 5, Fascic. 4: *Céphalopodes* (Masson, Paris, 1989), pp. 715-78; Teichert, C., "Main features of cephalopod evolution", en M. R. Clarke y E. R. Truman, eds., *The Mollusca*, vol. 12: *Paleontology and Neontology of Cephalopods* (Academic Press, San Diego - N. York, 1988), pp. 11-79.

como polución electrodinámica o derrame de efectos secundarios - no suprime necesariamente ni este esculpido ni la posible selección natural de aquellas de sus conformaciones dinámicas capaces de causar reacciones sensacionales en psiquismos allí circunstanciados.

Pero, como los ganglios se conservan con funciones específicas inmersos en los tejidos cerebrales, y como por razones culturales, políticas e ideológicas en algunas sociedades se pretendía que los psiquismos carecen de eficiencia causal para intervenir en los hechos extramentales (lo que no es cierto, como veremos), cayóse nomás en aquella falacia y supúsose a la ligera que las hodologías, o circuitos neurales en los ganglios conservados dentro del órgano cerebral, cumplen esa función de generar contenidos mentales e instalar así a los psiquismos en medio del arco estímulo-respuesta.[114] Ello es incorrecto, como lo evidencia la selección natural de la anatomía del neuropilo cordado; y también es incorrecta la suposición de que los psiquismos carecen de eficiencia causal, como lo evidencia el ajuste adaptativo de los conocimientos animales que comentaré enseguida.

Definamos ante todo que es un psiquismo, mente o existencialidad - en un cuerpo de reptil o de cualquier otro animal, homínidos incluidos. Seguramente el lector no ignora que aquellas razones culturales, políticas e ideológicas motivaron una tragicómica campaña pretendidamente académica para hacer creer que los psiquismos no pueden definirse objetivamente sino sólo indicarse y que sólo puede indicarse un único psiquismo, que es el del propio indicador; pero semejante macana (embrollo disparatado) no merece ni la menor atención. La única realidad es el presente; futuro y pasado no existen ni causan ningún efecto, a menos que alguien los imagine en el presente y cause efectos atento a ellos. Por eso en la escala macroscópica la física tiene como base fundamental el hecho de que, por cuanto toda indeterminación en esa escala se aplica a eventos futuros, cuando se determina cada transformación temporal la situación actual o última es equivalente a su historia completa. En contraste, las mentes o psiquismos cambian (es decir, se alteran en el tiempo) de manera muy diferente: estas mentes *son realidades que se transforman sólo en base a una selección de sus respectivos antecedentes, no sobre todos ellos*. Esa es su definición objetiva, la que empleamos en nuestra tradición neurobiológica. En otras palabras, la historia entera, equivalente a la última situación, es inevitablemente usada por cada cosa situada entre las mentes circunstanciadas (cosas como vientos, piedras, hongos, plantas y computadoras, para las cuales ninguna variación en la cantidad o distribución de movimiento puede ocurrir como efecto de fuerzas internas) para transformarse a medida que el tiempo pasa. En cambio, para seleccionar un subconjunto

[114] Un resumen se hallará en M. Szirko, "Effects of relativistic motions in the brain and their physiological bearing", en Helmut Wautischer, ed., *Ontology of Consciousness: A Modern Synthesis* (en prensa); también Electroneurobiología 2003; **11** (1), pp. 14-65; URL < http://electroneubio.secyt.gov.ar/index2.html >. Una referencia histórica más detallada en M. Szirko., "Neurobiology of Recovery: What is Restored on Recovering the Brain Support of Mental Functions?" en M. Crocco y M. Szirko, *The Tango Theory: A Synopsis of Brain-Mind Relationships*, en preparación.

de antecedentes es necesario conocerlos y poder autodeterminarse transformativamente. En esa selección, pues, la ciencia física halla en la naturaleza realidades con conocimientos y semoviencia: las mentes, psiquismos o existencialidades cuya definición objetiva, riéndonos de quienes lo proclamaban imposible, acabo de reiterar.

Semoviencia es la capacidad de moverse a sí mismo ante todo internamente, es decir determinando un cambio interior que posteriormente puede originar efectos causales externos, por ejemplo mover un dedo o desplazarse. La semoviencia nunca se ha encontrado separada de la capacidad de conocer, y ambas son rasgos propios de las existencialidades, mentes o psiquismos cuya característica esencial, como vimos al principio, es la cadacualtez.

Semoviencia y conocimiento operan aunados; veamos cómo. Este conocimiento o aprehensión gnoseológica capta ciertas reacciones fenoménicas (es decir, reacciones en las cuales una sensación es conocida) que con Jakob llamamos las entonaciones subjetivas de la entidad autocognoscente. Tales reacciones hacen discontinuar la serie causal externa que llevó a producirlas. Esa serie previa de determinaciones causales eficientes se termina, pues, al producir reacciones entonativas que son a la vez fenoménicas y asimismo ineficientes para continuar la serie. Por ende en la naturaleza el emplazamiento de existencialidades circunstanciadas se halla doquiera un corte interrumpe una cadena causal eficiente. El último eslabón de tal cadena fenomeniza como la reacción de un ser autocognoscente. Tal reacción causal es gnoseologicamente aprehendida - porque el ser que reacciona es autocognoscente - pero se agota en su propia entonación cognoscible y carece en sí misma de eficiencia causal para continuar la serie causal precedente. Cualquier derivación causal de ella, pues, ha de consistir en la iniciación - acción - de una nueva cadena causal semovientemente originada por la eficiencia causal del mismo ente autocognoscente que lleva a cabo la aprehensión gnoseológica y optó por seleccionar aquella entonación subjetiva como antecedente causal antes que deseleccionarla, en tal caso adoptando como antecedente causal su sensación (es decir, conformándose al apetito). Nada de esto ocurre en el hiato entre mentes, llamado hiato hilozoico y formado por todas las realidades no empsiqueadas. En él todas las series causales continúan (o sea toda eficiencia causal es transeúnte, es decir la materia-energía es conservada en los efectos) pero en cambio no hay aprehensión gnoseológica o cognoscitiva. Dicho de otra manera, al llegar a una aprehensión gnoseológica, la serie causal que había llevado a la reacción entonativa no puede mantenerse más. Su eficiencia causal, que hasta allí había sido transéunte, se gasta en producir cierta reacción manifestativa o sensacional y no puede producir ningún otro efecto. Una puesta semoviente en acción de la causalidad eficiente de la misma entidad autocognoscente es pues menester para empezar otra serie causal, que puede preservar la ruta de la serie anterior o bien desviarse de ella.

Pero, en contraste con la integración axonal de los ganglios nerviosos que destruye los caminos previamente seguidos por cada elemento del proceso, cualquier realidad que conoce tiene que tener memoria. Ello es así porque todas las realidades en la naturaleza, tanto mentes cuanto extramentalidades, existen de a un instante por vez; recién comenté que ni el futuro ni el pasado

existen. Pero dentro del instante no caben múltiples transformaciones temporales, que son series de procesos alterativos causalmente eficaces. Así que cualquier realidad que conozca ha de simultaneizar sus conocimientos, ya que no existe dentro del instante ningún decurrir temporal que pudiera borrarlos. Tal como el ímpetu es superfluo para mantener cuerpos no perturbados en movimiento rectilíneo (primera "ley" de Newton), estampar en el cerebro tales memorias es superfluo para mantenerlas en la mente. Las existencialidades circunstanciadas no están confinadas a ocupar procesos en decurso secuencial, como lo están el funcionamiento de las máquinas y realidades no empsiqueadas - aunque la función biológica de las mentes atañe a esos procesos, que deben serles dados a conocer secuencialmente por el cerebro. En otras palabras, en la naturaleza cada cosa que se conoce (mente) no puede perder las secuencias de sus cambios adquiridas como diferenciaciones internas de su consistencia óntica (que así se tornan "disponibilidades adquiridas"), porque, como todo en la naturaleza, las mentes o realidades que se conocen no existen en más que un instante y su eficiencia causal no establece (empleando acción eficiente en efectuar cambio causal) otro tiempo dentro de ellas. Es decir que los psiquismos pueden llegar a diferenciar contenidos internos que los lleven a contener calendarios, pero no a contener intervalos causalmente reales. Aún en otras palabras, las memorias no pueden sucumbir al tiempo: la simultánea disponibilidad de toda la secuencia autobiográfica ha de esperarse de la mera disponibilidad de algún conocimiento de la propia realidad óntica, aun incompleto en profundidad constitutiva. Ello explica el recobro de las amnesias, que vemos en los hospitales: si las memorias fueran datos grabados jamás podrían rehacerse una vez destruídos por el deterioro orgánico.

Esas memorias incluyen conocimientos que adquirieron cierto ajuste adaptativo a la realidad extramental. Tal ajuste se debe a la semoviencia. Los conocedores estamos como encerrados en una bolsa cuyo exterior - la extramentalidad - sólo podemos conocer palpando. Si nos quedamos quietos, no podemos distinguir nada. En cambio, si nos movemos y palpamos el exterior, distinguiremos diferencias en lo que está afuera de nuestra mente: distintas formas de reaccionar a la eficiencia causal de nuestra propia acción semoviente. Así conceptualizamos las cosas. Por ello el ajuste de los conocimientos animales a sus ambientes evidencia la realidad de sus semoviencias en la naturaleza. Una previa, obsoleta psicología platonista declamaba que uno podía conocer contemplativamente, pero el desarrollo de la llamada "epistemología genética" en las últimas décadas ha descartado esa quimérica contemplatividad. El desarrollo intelectual se basa en la actividad desplegada, que es conocida aunque no es entonada o fenoménica. Es la comprensión de la propia eficiencia causal lo que permite interpretar causalmente los procesos extramentales.

Pero estos ocurren con enorme finura causal. Cada instante físico, el "intervalo" en que ninguna fuerza física podría introducir un cambio, dura 0,000000 000000 000000 000000 000000 000000 000000 053916... de segundo. En cambio cada momento, el menor intervalo que una mente circunstanciada a la biósfera terrestre puede distinguir, dura alrededor de dos o tres centésimas de segundo. La enorme diferencia proviene de un efecto bien conocido en la física de la relatividad, la dilatación temporal. Esta dilatación relativística presenta una única causalidad eficiente a través de diferentes marcos de referen-

cia, siendo así – a través de ellos - como las mentes interactúan causalmente con la extramentalidad. La magnitud observada de esa dilatación temporal es, por lo dicho, unas 10^{41} veces. Ello nos indica cual es la localización física del sitio cerebral desde el cual los psiquismos interactúan con la extramentalidad: es un sitio que se mueve a la velocidad que produce precisamente dicha dilatación. El cálculo es sencillo. Tal precisa velocidad es la que reduce la velocidad de la luz en una pequeñísima fracción, sacándole $1/10^{82}$ de su valor; es decir, la velocidad menor a la de la luz sólo por faltarle la fracción 10^{-82}. En consecuencia el sitio por donde las mentes interactúan con la extramentalidad no está determinado en el campo de fuerza electromagnética, porque las determinaciones que realmente se propagan en este campo - llamadas fotones - no tienen masa y por ende no pueden reducir por ninguna fracción su velocidad característica en el medio (esa velocidad refleja relajaciones causales y por eso siempre sigue siendo la celeridad, *c*, de la luz en ese medio). La localización de la presencia operativa de las mentes debe ocurrir pues en las determinaciones que se propagan en otro campo de fuerza, cuyos vectores causales tengan o adquieran la masa o corpulencia dinámica - no inercial, por supuesto, sino dinámica - exacta para moverse a la velocidad que genera la dilatación temporal observada, de unas 10^{41} veces. Pero los campos físicos de fuerzas se han diferenciado entre sí a partir de uno originario, de modo que entre ellos pueden acoplarse y mantener ciertos enlaces. Así, el funcionamiento electroneurobiológico del tejido gris cerebral, que opera variaciones de los valores del campo electromagnético de fuerzas, puede variar la masa o corpulencia dinámica (no inercial) de aquellas partículas o determinaciones propagantes de la acción causal del otro campo de fuerza en las que se localiza la interactividad de los psiquismos, generando relativísticamente el estado en que no podemos distinguir menos de dos o tres centésimas de segundo. En otro modo de funcionamiento electroneurobiológico el mismo tejido neuronoemático puede aflojar el "frenado", brindándoles menos corpulencia a esas partículas, de modo de reducir su velocidad hasta la de los fotones menos una fracción de 10^{-96} - velocidad que no permite a la existencialidad allí "asomada" resolver menos de unas docenas de minutos extramentales, lo cual pone tal mente a dormir. Entre los dos valores hay todo un rango de posibilidades, que permite variaciones de resolución temporal mucho más pequeñas, suficientes para no interpretar operacionalmente las experiencias - lo que se llama "desatenderlas". Los cambios del funcionamiento electroneurobiológico que generan distintas acuidades temporales no necesitan ocurrir sobre todo el cerebro. Al contrario, suelen ser regionales y determinarse por factores tanto externos como voluntarios (estos, en forma no del todo diferente a aquella por la cual producimos el movimiento de uno de nuestros dedos) de modo de desatender selectivamente parte de las experiencias y enfocar la atención en otras, o – relajando más aquel "frenado" en un hemisferio cerebral entero - dormir con un solo hemisferio cerebral, como hacen las aves y los mamíferos marinos. No obstante la acuidad "local" del observador se mantiene inalterada. Por ello siempre que despertamos a un durmiente, en cualquier etapa del dormir con soñar o sin él, el despertado nos cuenta que le interrumpimos algún curso de mentación que estaba desarrollando.

Para abordar la mente reptiliana no necesitamos reseñar mucho más que este breve boceto acerca de las relaciones entre funcionamiento cerebral y conte-

nidos mentales. Con lo dicho es evidente que explicar estas relaciones en términos de un solo campo de fuerzas operando en términos de conexiones circuitales, como en un ganglio, no tiene nada que ver con la realidad. Independientemente de la conducción axonal de síntesis neuronales, lo que el cerebro consigue con sus alteraciones eléctricas es disimilar estados de aquel otro campo co-volumétrico donde se localiza la presencia operativa de un psiquismo y éste reacciona, generando entonaciones que diferencia cognoscitivamente. La disimilación ocurre extramentalmente y la diferenciación intramentalmente, dentro de la indivisibilidad e inmediatez impuestas por el carácter microfísicamente discreto de las acciones causales. Pero ambas no son para nada caras de la misma moneda (confusión llamada "teoría de los aspectos" o monismo neutro), ya que la intramentalidad es plural y cadacuáltica, sus reacciones no determinan causalmente su transformación y opera tanto semovientemente como reactivamente sobre sí y sobre la extramentalidad, mientras que esta última es continua, fungible, opera sólo reactivamente y puede transmitir sus reacciones ya que estas no se agotan en generar manifestaciones cognoscibles. El cerebro, que es extramental, cumple su función operando con el sistema electromagnético de referencia a objetos que heredó epigenéticamente de su ancestro pre-"metazoario". Y que nunca dejó de usar porque nunca dejó de comer ni de recombinarse sexualmente, mientras este sistema y los ganglios de conexiones coevolucionaban en la masa de parénquima cerebral. Cierto modo de modulación de sus variaciones, la modulación de las pérdidas de histéresis[115] en el acople entre ambos campos, rige la determinaciones de reacciones entonativas y posiblemente la inducción de masa-energía en los vectores (o "partículas" propagadoras) de fuerza del otro campo donde el psiquismo localiza su presencia operativa. Tal inducción altera la acuidad temporal de la existencialidad allí circunstanciada y su posibilidad de interpretar operativamente sus experiencias.

Empsiquear los organismos, es decir introducirles como nivel más superior de sus regulaciones orgánicas un psiquismo o existencialidad eclosionado en ellos, es un recurso disponible utilizado por la evolución biológica para colonizar los nichos ecológicos que requerían ejecutar conductas indefinibles de antemano, o sea transformar accidentes en oportunidades. Para ello había que brindar instrucciones generales, no particulares (aunque los ganglios podían y debían seguir obrando en base a estas últimas, en niveles subordinados de regulación). Brindar tales instrucciones generales se logró produciendo oportunamente diferentes entonaciones existenciales o subjetivas que obraran como motivaciones genéricas.

Lo que se seleccionó evolutivamente fue la dinámica electroneurobiológica que, modulando el mismo proceso que mapeaba los eventos ambientales (que aquí llamamos Función 1), produjese en la existencialidad circunstanciada cierto menú de diferentes reacciones entonantes o sensaciones señalativas, impulsantes y alicientes (Función 3). Así diferenciados, esos contenidos de experiencia se simultaneizaban en la retención mnésica. Ello permitió generar

[115] M. Crocco (1976), U. K. Patent 1.582.301, *filed* 16 Febr.; disponible en U. K. Official Journal – Patents, 7 January 1981.

un desarrollo intelectual con el desarrollo de cada individuo. De esta manera tal individuo pudo seleccionar antecedentes para determinar conductas sensacionalmente motivadas y ajustadas a una realidad extramental conocida por sus reacciones típicas al obrar semoviente, representando esa realidad en el espacio de las disponibilidades operativas del psiquismo semoviente (Función 2). Así la *estructura* del organismo vivo quedó compuesta de una jerarquía continua de sistemas progresivamente abiertos, que son modelos encajados uno en otro (como muñecas rusas) o catenación encáptica de representaciones del universo. No de todo él, va sin decir, sino sólo de los factores retenidos por los antepasados como ecológicamente relevantes. Cada nivel de esta catenación de modelos atrapa transitoriedades progresivamente más efímeras; hay

(**I**) un modelo armado filogenéticamente, a veces multicopiado, el *genoma*, funcionalmente adaptado a un esquema prototípico de las relevancias retenidas sin prever los eventos individuales del comercio de los organismos de esta especie con su ambiente;

(**II**) un modelo armado ontogenéticamente, el *soma* o "cuerpo" del ciclo de vida u organismo, más ajustado al nicho concreto (este incluye al mismo organismo con sus regulaciones), y

(**III**) un tercer modelo, el *mundo mental* o diferenciaciones del psiquismo, que cuando existe, con las conservaciones de sus contenidos u objetos bajo las operaciones semovientes, imita lo más ceñidamente que fue útil seleccionar los eventos y regularidades más rápidas cuyas evoluciones deben seguirse para sobrevivir en el nicho.

El *funcionamiento* del ciclo de vida simplemente consiste en una articulación de *tempos*: los modelos ajustados a los cambios más veloces de la realidad pertinente regulan las regulaciones que los ajustados a los menos veloces imponen al flujo de materia-energía (flujo entálpico o *syrrhoia*) que atraviesa el ciclo de vida u organismo; estos últimos modelos, a su vez, sostienen el desarrollo epigenético o moldeo de los anteriores. Así las regulaciones orgánicas se prolongan en procesos conativo-cognoscitivamente dirigidos, como lo avanzara Jakob[116] y, con menor amplitud, Piaget[117]. Este modo de funcionamiento redefine, en cada nivel del continuum funcional, qué componentes han de tornarse elementos, es decir ser reconocidos por la actividad del nivel. La condición de elemento no puede transmitirse de un nivel a otro; en palabras más técnicas, ni el flujo entálpico ni los procesos disimilativos de manifesta-

---

[116] Chr. Jakob (1922), "Del Tropismo a la Teoría General de la Relatividad," Humanidades (La Plata), 3.Véase también sus trabajos arriba citados, "Localización del alma y de la inteligencia", El Libro (Buenos Aires) V. **1** (1906) 151; (1907) 281, 433, 553; V. **2** (1908) 3, 171, 293, 537 y 695 (publicado en nueve números), y "La psicointegración introyente-ambiental orgánica y sus problemas para la neuropsiquiatría y psicología, primera parte: Su filogenia constructiva", Rev. Neurológica de Buenos Aires **13** (1948), 115-141.

[117] J. Piaget, *Biologie et connaissance : essai sur les relations entre les régulations organiques et les processus cognitifs* (Gallimard, Paris, 1967: L'avenir de la science, 42); *Le comportement, moteur de l'évolution* (Gallimard, Paris, 1976: Collection idées, 354).

ciones son autosimilares entre niveles. Por ello el orden del organismo siempre sobrepasa su propia información[118].

¡Mente 'e reptil!

Así se diferenciaron evolutivamente variados menúes o paletas sensacionales y conjuntos de contenidos mentales propios de amniotas y anamniotas, específicos para cada especie. Es por ello que, siguiendo el criterio de Jakob en sus descripciones de diferentes especies[119], podemos hablar de menúes o paletas de contenidos de experiencia: por ejemplo, contenidos de experiencia avianos, primates, caninos, cetáceos, equinos, reptilianos, proboscídeos, condrictios o actinopterigios y, quizás, cefalópodos. También humanos. Siempre que encontremos conducta ajustada al sobrevivir en ambientes que no admiten ser suficientemente definidos para una máquina de Turing sabremos que esa conducta fue obtenida por la aplicación de semoviencia ("palpando" para generar el desarrollo intelectual) y que esta semoviencia conlleva la disponibilidad de aprehensión gnoseológica. Operacionalizar este criterio requiere añadir la consideración de los *medios* que sabemos permiten interactuar a los psiquismos con el órgano cerebral al cual se encuentran circunstanciados y desde él con el resto del ambiente; es decir, la modulación de la electroneurodinámica en la masa neuropilar tal como la conocemos. Por ello entendemos que, también por ejemplo, las abejas son "autómatas de Gómez Pereyra" y no se hallan controladas por ninguna existencialidad como nivel más superior de sus regulaciones orgánicas, en nuestro erathem por lo menos; no se trata de un asunto de definiciones, pues, sino del refinamiento de las investigaciones fácticas. Cabe esperar que el avance de la ciencia caracterice con mayor precisión esta modulación y establezca sus efectos diferenciales en base a los desarrollos descriptos en nuestra tradición (p. e. Refs. 2, 114 y 115), que aquí creemos proveen el programa más adecuado para la neurobiología futura.

En los reptilomorfos amniotas hallamos por primera vez neocórtex; cierta corteza cerebral supraolfatoria aparece en anfibios, pero sólo en reptiles se halla asegurada la existencia de neocórtex. Su área anatómica inicial, en la región

---

[118] M. Crocco (1972), "The information of a system only implies necessarily the enthalpy of ... another" (informe para el Consejo Nac. de lnvestigaciones Científicas y Técnicas, Presidencia de la Nación; agosto). Agradezco comentarios del prof. Gregory Chaitin, por entonces residente en Buenos Aires (luego Th. J. Watson Research Center, IBM Corp., N. York), en este estudio conducente a desplazar los conceptos shannonianos al describir la transferencia a los sistemas biológicos del análisis de la información basado en la teoría del cable, tan seductora cuando se presupone un origen hodológico de la "psicogénesis".

[119] Chr. Jakob (1911b), *Vom Tierhirn zum Menschenhirn*, I Teil: *Tafelwerk nebst Einführung in die Geschichte der Hirnrinde* (J. F. Lehmann's Verlag, München); Chr. Jakob y Clemente Onelli (1913), *Atlas del cerebro de los mamíferos de la República Argentina: Estudios anatómicos, histológicos y biológicos comparados sobre la evolución de los hemisferios y de la corteza cerebral* (Guillermo Kraft, Buenos Aires). Cf. Cap. 2 (pp. 25-40) y Cap. 6 (pp. 75-102).

frontal lateral entre la base olfatoria y la zona piriforme "está, filogenéticamente, en primer lugar, destinada a la elaboración consciente de la *orientación* en espacio, causalidad y tiempo (gnosias del introyente y del ambiente)" [120]. "En esta región está el manto cortical en directa continuación con el neoestriado subyacente que a la capa superior cortical (¿receptora?) agrega aquí una inferior (¿efectora?). Esta región, que existe ya en la anfisbaena, aumenta en lagartijas y tortugas, y adquiere mayor desarrollo en la iguana y el yacaré. Como hacia ella se dirigen las fibras más largas de la radiación talámica anterobasal, no cabe duda de que en esa zona se depositan y elaboran estímulos conmemorativos de orden superior (no olfatorios)" (*op. cit*., pp. 75-76). ¿Qué contenidos mentales disimilan? ¿Cómo es eso de haber nacido reptil? Aunque la variedad neurobiológica reptiliana no sea módica, consideremos un solo ejemplo. Dejemos la palabra a Christofredo Jakob, en su famosa síntesis neurobiológica del existir como *Caiman latirostris* (*op. cit*., pp. 86-89):

> "Si realizamos con los resultados del estudio presentado una sumaria reconstrucción neurobiológica del yacaré, tendremos:
>
> A) Un perfecto y eficiente sistema *arquineuronal* reflejo somático y simpático que metaméricamente se organiza en más de sesenta segmentos espinales, además de los bulbomesencefálicos y olfatorios descriptos que representan unos diez más. ... Naturalmente, el yacaré comparte con los demás vertebrados las regulaciones reflejas simpáticas víscero-glandulares y circulatorias como base de su existencia individual somática. Como entre los sentidos superiores dominan la vista y el olfato y también el oído, podemos según su desarrollo clasificarlo como *macróptico*, *macrosmático* y *mesoacústico* ...
>
> B) Su sistema *paleoneuronal* instintivo, con absoluto dominio del cuerpo estriado ligado por un potente hipotálamo a un cerebelo reducido, correlaciona especialmente estímulos olfatorios y kinestésicos musculares con otros vestíbulotrigeminales y ópticos, actuando en primer lugar para una normokinesia (combinación heredada de diferentes grupos musculares de análoga finalidad) aplicada a la vida acuática – dominando allí los grupos agresivos sobre los defensivos en contra de lo que acontece en tierra. Interesante es la observación de que para rascarse o ayudarse prefiere las extremidades posteriores, cuya explicación tendremos que buscar en su aparato centralizador: el enorme cuerpo estriado. Los grandes cuerpos ópticos, que correlacionan especialmente estímulos ópticos con acústicos y trigeminales, vienen en segundo lugar para sus orientaciones en el espacio. Finalmente comprobamos centros diencefálicos vísceromotores ...

[120] Chr. Jakob (1945) *El yacaré (Caiman latirostris) y el origen del neocórtex: estudios neurobiológicos y folklóricos del reptil más grande de la Argentina* (Folia Neurobiológica Argentina IV, 1-134), página 109; Chr. Jakob (1946), "El trígono cerebral. Su significación neurobiológica (vía central eferente para la musculatura lisa víscerovascular de la esfera gnósica emotiva)," Revista Neurológica de Buenos Aires **11**, 2-21.

C) Su esfera *neoneuronal*, por fin, ligada al desarrollo cortical, no puede sino ser muy reducida frente a las anteriores. Sin embargo, ella no falta y lo interesante es aquí precisamente ese despertar de un psiquismo superior e individualizado que indudablemente se prepara. Aparece así en primer lugar, con su fase conmemorativa, el olfato. La extensa zona ammónica esta capacitada para almacenar, entre las ondas estacionarias de sus sistemas colaterales dentadoammónicos, experiencias olfatorias limitadas y no podríamos tampoco negar un afloramiento de las ópticas y quizás las acústicas, entendiendo que en todas esas experiencias la fase gnósica orientadora dominaría, quedando reservada la fase reactiva (volitiva) a los centros corticales en primer lugar.

Por consiguiente, podríamos intentar reconstruir el resultado *psicobiológico* en la siguiente forma:

1º) En su '*esfera del introyente'* el yacaré hereda, naturalmente, como todos los vertebrados, las funciones reguladoras de autoconservación vegetativa individual y genérica. Su reflectividad trofoplasmática [o menú de reacciones para alimentarse] dispone para eso, en la base del diencéfalo, de los mismos poderosos centros superiores (núcleos periependimarios y ganglios basales túberomamilares) que se observan hasta en el hombre, constantemente y sin mayor variación ... Para explicarnos esas coincidencias debemos ... admitir en esos centros superpuestos localizaciones diferentes para el agonismo y el antagonismo de los sistemas glandulares que, directamente por sistemas simpáticos o indirectamente sobre glándulas endocrinas ..., estimulan o inhiben parcial o totalmente las secreciones, las que en la esfera del introyente ... elaboran la base bioquímica de la autonomía individual, creando el campo del *biotono vegetativo*, equilibrio indispensable del bienestar orgánico para hombre y animal. ...

2º) Llegamos a su 'esfera del ambiente'. *Hambre y amor* la ligan, también en el yacaré, al 'introyente' cuyas estimulaciones víscerosimpáticas ponen en 'actividad' su sistema somático, guiado como ya sabemos en primer lugar por el nervio óptico y después por el olfato. ¿Pero existen efectivamente 'nociones' superiores individualmente adquiridas y conmemorativamente fijadas, precursoras de algo así como una lejana 'idea' de espacio, tiempo y causalidad? Analicemos.

Sabemos que el yacaré guarda su 'querencia', su 'nido', mientras no experimenta molestias excesivas; en estos casos puede emigrar, buscando otro 'lugar de vida'. No molestado prefiere el mismo lugar, asoleándose o esperando alguna presa. El axioma geométrico que dice que la recta es el camino más corto entre dos puntos lo sabe por intuición y lo verificamos cuando se echa al agua como una flecha en busca del objeto apetecido. En la orientación espacial lo guía, además del ojo, el poderoso sistema vestibular, dirigiendo en ese sentido la cola motora y poniendo en evidencia mayor seguridad en su 'orientación espacial' cuanto más viejo es.

Se describen animales de más de cien años (*cocodrilos* del Ganges, cuya organización cerebral es en lo esencial idéntica a la del yacaré) y que desde tiempos remotos residen en el mismo lugar, donde conocen todos sus escondites y posibilidades.

Vamos del espacio al tiempo. En ciertas comarcas de la India, sus habitantes veneran a los cocodrilos (por 'la transmigración de las almas'); cuando a determinada hora aparece el cuidador, todos los saurios se despiertan de su pesado sueño y van a su encuentro (en otras horas no le hacen caso), rodeándolo con sus fauces abiertas; naturalmente, intervienen aquí reacciones reflejas, pero muchos observadores entienden ver en eso una especie de acomodación al tiempo acostumbrado. ...

¿Y la causalidad? Un experimento realizado con yacarés refiere lo siguiente: si le metemos en la boca un palo repetidamente, lo muerde y lo destruye; si en vez del palo se utiliza una barra de hierro, trata de hacer lo mismo tres o cuatro veces, pero abandona luego todo intento, fenómeno de inhibición que nosotros mismos hemos comprobado en nuestro laboratorio con ejemplares jóvenes. No cabe duda de que individuos viejos en cautividad reconocen a sus cuidadores y les siguen sin molestarlos y se hacen tan mansos que hasta se les puede tocar y hacer pinturas en sus cabezas.

Por cierto que estas experiencias se borran rápidamente pues se trata de 'fijaciones pasajeras' iguales a las de la memoria infantil, cuando las ondas microdinámicas del córtex no han llegado todavía a su potencialidad definitiva por falta de maduración – filética allí, ontogenética aquí."

Interrumpo el relato del maestro para comentar este punto. No se trata propiamente de un "borrado de memorias" - lo que no puede ocurrir, como ya expuse. Las experiencias vividas no se pierden, pero no vivimos aquello que no atendemos en algún nivel de posibilidad operatoria, por mínimo que sea. Por eso sólo podemos volver a imaginar ("recordar") lo que podemos interpretar operativamente, como enseñaba Aristóteles. Por ello sistematizamos nuestras memorias en esferas o segmentos según la acuidad o resolución temporal con que fueran originalmente experienciadas; si la resolución temporal que estructura la vivencia no admite nuestras operaciones, no las podemos "apercibir" o interpretar conceptualmente, es decir en términos de qué podría obrar nuestra semoviencia en la situación que quisiéramos recordar. A esto lo llamamos desatención. Por ejemplo, no podemos de entrada diferenciar los saludos recibidos al regresar a casa hace cien días y hace noventa y nueve días, aunque para contestarlos estuvimos prestando la debida atención. Pero esos recuerdos existen: si algún hecho memorable externo (por ejemplo, una explosión en la casa vecina o una grata noticia) nos permitiera llegar a distinguir sus contextos podríamos hacerlo, porque ambos recuerdos constituyen diferenciaciones de nuestra existencialidad. En contraste, no podríamos jamás recordar qué explicó un conferenciante en los últimos tres minutos si no lo atendimos, porque con referencia a esta experiencia no existen diferenciacio-

nes de nuestra existencialidad que, operativamente, podamos reimaginar. Fueron los mismos tres minutos en que estuvimos fantaseando alguna pavada; pero a esta obviamente la estructuramos con una resolución temporal que admitía nuestras operaciones, las que precisamente tornaban la pavada inteligible para nosotros, mientras los conceptuosos dichos del conferenciante los estructurábamos en un nivel objetal mucho más basto, el de un ruido de fondo de variación constante. Esta es la causa de la amnesia infantil; el niño atiende con adecuada resolución temporal, pero aún no ha sedimentado mnésicamente sus actos propios en un sistema de operaciones que conserven y definan elementos así reconocibles (o "conceptualizables") en el ambiente o situación. (A este sistema de operaciones, que - prolongando el antiquísimo modo de operar de la subciliatura - descarta las características individuales de los hechos y le asigna relevancia a cada evento extraorgánico detectado sólo en tanto es apercibido como *típico*, los antiguos lo llamaban *noûs poieetikós*; *cf*. nota 80). El niño atendió pero no interpretó operativamente los sucesos. Es su pasividad de antaño lo que le impide poner su cerebro a reimaginar ahora ("recordar") una ceremonia donde su participación no fue activa. Al yacaré y a todo psiquismo circunstanciado le ocurre lo mismo. No puede reimaginar ("olvida") lo que no puede interpretar en términos de acciones semovientes a su alcance. Sigamos oyendo a Jakob:

> "Pero enfrente de todo esto, un estudio más sistemático debería y podría aumentar en mucho, todavía, nuestro 'material' de la 'ficha psicológica' del yacaré, dado que no hay derecho a negarles rotundamente a los hidrosaurios fenómenos intelectuales en forma de orientación consciente en espacio, tiempo y causalidad, evocados por una memoria gnósica de limitadas posibilidades dentro de la esfera concreta de sus necesidades. Existen funciones paleo- y neocorticales evidentes que en individuos jóvenes hasta permiten un cierto 'adiestramiento' como, por ejemplo, tomar la comida de la mano, dejarse acariciar, etc., según un relato que hace el acuario de Nueva York.
>
> Un día – tiempo hace de esto – cuando en viajes a Corrientes cruzaba mi vapor los bancos de arena del Paraná y observaba en la orilla las hileras de yacarés dedicados gozosamente al culto solar, me vi obligado a preguntarme: ¿serán capaces de soñar? Y a veces ciertos movimientos 'involuntarios' de la boca y la cola de los indiferentes dormilones, al pasar la nave delante de ellos, me parecían indicar que sí. Pero, ¿qué? Recordando que también en otros animales (pájaros, perros, etc.) existen análogos indicios de tales funciones microdinámicas corticales ... no pude menos que imaginarme en una 'visión psicoanalítica', leyendo en el alma de por lo menos alguno de esos 'patriarcas señoriales' – enfrente de la vulgaridad de la chusma – la existencia de un 'ensueño gigantesco y sublime' en que atávicamente se encarnaban las vivencias de aquellos tiempos gloriosos en que sus abuelos de antaño se jactaban de ser los 'dueños de esta tierra' para, al despertar de la visión, terminar con un *sic transit gloria mundi*. ¡Qué enseñanza formidable y lapidaria para otros seres a quienes el destino parece momentáneamente no poderles negar nada! ¿No se trataría sólo de ensueños simbólicos que en su 'idealización microdinámica' encubren realidades quiméricas?"

Trascendencia de las mentes reptilianas

No infrecuentemente, niños desolados preguntan a los veterinarios si volverán a encontrar a sus mascotas difuntas. A veces adultos humildes se atreven a preguntarlo. Muchos profesionales de las ciencias biológicas no tienen ese valor. Al comienzo de las ciencias modernas Europa estaba sumida en atroces guerras provocadas, alegábase, por opiniones religiosas. Los científicos dependían de volubles mecenazgos, era a menudo cuestión vital patentizar que trabajaban para bien de todos y mal de ninguno, ellos pusieron toda la distancia posible entre su labor y las cuestiones morales y religiosas y a los defensores de la moral esto les vino muy bien, para alegarlo cuando algún científico pretendiese oponer mundana opinión contra verdad revelada. Hoy esa esquizofrenia ya perdió sentido, pero como decía Nietzsche antes se rompe una pierna que una palabra. ¿Qué puede contestar con verdad un veterinario al niño desconsolado porque a su tortuga se la comieron las hormigas? ¿A la viuda que duda de la presencia de sus animales queridos en el futuro reencuentro con su esposo? ¿Al peligrosamente desolado *capo di maffia* que lo interroga por el reencuentro con su amadísimo *Varanus*, que tan útil le fue antes de morir indigestado?

En cuestiones últimas no hay más remedio que ir hasta el final; no se puede explicar la realidad, lo que es o *lo ente*, como se dice técnicamente, a partir de otro ente. En esto ha hecho bien Heidegger en insistir, señalando la lección de la antigua India; no es posible montar lo ente en elefantes gigantescos, tortugas descomunales y procelosas aguas, como quería la cosmogonía hindú. ¿Pero por qué hay algo y no nada? Como el hecho de ser no es un predicado, ni siquiera infinita información es capaz de hacer ser una realidad realmente nueva ("*it from bit*"): ninguna reunión de características justifica porqué existe la realidad, en vez de no existir absolutamente nada. Pero como realidad hay, alguna porción de esta realidad debe ser no originada. Por cierto esa porción no puede ser un ente, o lo ente se explicaría por otro ente; más herpetológico sería y valdría lo mismo suponer que la porción no originada de esta realidad es una tortuga colosal. Pues bien, ¿por qué esa porción no originada de la realidad, que no es un ente, originó al resto, que sí lo es? ¿Cómo se puso en marcha nuestro cosmos? Lo ente no puede provenir de otro ente pero puede provenir del valor: la porción no originada de la realidad debe ser pues personal, en el sentido de originar el resto en vista de crear un valor con ello. De este modo lo ente y su valor se condicionan mutuamente y ninguno puede ser arbitrario o voluntarístico. Las ciencias naturales, que como vimos hoy pueden definir objetivamente existencialidades y las encuentran en la naturaleza que describen, no pueden dejar de encontrar un modo de obrar análogo a la semoviencia en la acción por la cual la porción no originada de la realidad originó lo ente. Y como la causalidad natural que hallan es discreta – viene en paquetes indivisibles o *quanta*, como avistó Max Planck en 1900 – esa porción no originada de la realidad es inmediata a todo ente que sostiene. Lo único que no puede sostener son los actos de la libertad ajena, porque la aniquila-

ría. Y si es valioso crear entes libres, ¿cómo se las arreglaría? ¿Cómo haría usted para sostener la libertad ajena?

El único modo es desaparecer de la vista, sobre todo si usted es la porción no originada de la realidad. Su perceptible presencia haría que seres libres pero limitados pudieran resignar su libertad para asegurarse su subsistencia, que no depende de ellos sino de usted; adiós valiosa libertad. Así que usted habría de borrarse, creando una naturaleza que operase por regularidades o leyes naturales y donde usted no apareciera. El universo que observamos tendría precisamente que mostrar las propiedades que esperaríamos si no existiera el designio que usted tiene, ni finalidad ni mal ni bien, luciendo sólo ciega e inmisericorde indiferencia: usted debería sostener todo acto de benignidad y toda crueldad atroz con las mismas regularidades básicas de la física. Pero para eso la circunstanciación de existencialidades habría de efectuarla también en forma regular, circunstanciando existencialidades tanto a cuerpos de pez, reptil, u otros incapaces de producir contenidos mentales que permitan a la semoviencia madurar como libertad, cuanto a cuerpos que filogenéticamente hubieran llegado a producir contenidos mentales que permitiesen alguna extensión de libertad. Y eso es lo que observamos. La evolución astrofísico-biológica instrumenta existencialidades para prolongar cadenas tróficas que sirven para entropizar (o sea, para restar capacidad de efectuar trabajo físico) por el camino más corto a la luz solar que recibe el planeta. Las existencialidades así son un instrumento físico; los esfuerzos y dolores humanos, y los de cualquier otro animal empsiqueado, permiten generar calor y excrementos que agreguen un poco de entropía adicional a la luz que refleja el planeta. Pero entonces la naturaleza física también es un instrumento al servicio de las existencialidades: sus regularidades permiten que algunas existencialidades maduren una libertad que la manifestación de la presencia de usted, la porción no originada de la realidad, aniquilaría. La situación es pues un palindrome[121]: las existencialidades son instrumento de la naturaleza y esta es también instrumento de aquellas. La ciencia natural hoy no puede atender un curso del palindrome e ignorar al otro. La única forma sería volver a una ciencia natural que no encontrara mentes en la naturaleza, pero esa falsificación ya no puede darse: ni están dadas las condiciones de hace cuatro siglos ni la historia se repite.

Pero en tal caso algunas existencialidades, como las que usted circunstanció en ese rol de instrumentos y así se encontraron a sí mismas obrando como nivel más superior de las regulaciones orgánicas en el cuerpo de la difunta tortuguita o del varano del *capo di maffia*, brindaron todo su ser para que otras existencialidades pudieran llegar a ser libres. Entonces si la libertad de algunos realiza su valor, este también se constituye con el sacrificio de los otros. Y si el reconocimiento de ese valor es amor, toda existencialidad es un ente amado. Tal es la constitución ontológica que sostiene su existir. Y si tal

[121] M. Crocco (en prensa), "A Palindrome: Conscious Living Creatures as Instruments of Nature; Nature as an Instrument of Conscious Living Creatures", en Helmut Wautischer, ed., *Ontology of Consciousness: A Modern Synthesis*, <http://www.sonoma.edu/people/Wautischer/Publication/Consciousness.html/Tribal.html>

amor es la valoración de una presencia, la muerte es el final de un desarrollo intelectual axiológicamente valorable y la ocasión de purgar toda incapacidad, en aquel desarrollo intelectual, para apreciar el sentido último por el cual hay algo y no más bien nada. Purga intelectual o infusión de saber tan necesaria en usted y en mí como en el varano, con la diferencia de que nosotros además necesitamos una purga moral que el varano no necesita - porque él puso todo lo que tenía en el proyecto transcendente y nosotros no. Así que si a la reciprocidad del amor fundante – otro palindrome – la llamamos paraíso, entonces en el paraíso entrarán algunas de las creaturas que en la naturaleza fueron libres y todas las que no lo fueron. ¿Podrá el veterinario explicárselo al *capo di maffia* y al niño de la tortuga? Si no puede, podrá emplear las famosas palabras de Leonardo da Vinci: "Un día llegará en que los hombres conocerán el alma de las bestias; inmolar entonces a un animal será felonía tan seria como hacerlo con un humano."

...

Copyright © 2004 del autor / by the author. Esta es una investigación de acceso público; su copia exacta y redistribución por cualquier medio están permitidas bajo la condición de conservar esta noticia y la referencia completa a su publicación incluyendo la URL original (ver arriba). / This is an Open Access article: verbatim copying and redistribution of this article are permitted in all media for any purpose, provided this notice is preserved along with the article's full citation and original URL (above).

revista
Electroneurobiología
ISSN: 0328-0446