

Comunicación digital, inteligencias materiales y nuevas infraestructuras del conocimiento/acción

Alejandro Piscitelli

1. Palabras como cuchillos

Las palabras tienen un filo parecido al del cuchillo. Se gastan de acuerdo con la dureza de lo que deben cortar. Ni un cuchillo de mesa permite cortar diamantes, ni un simple cortaplumas le hará siquiera una muesca al metal noble.

Lo mismo ocurre en el mundo de los símbolos y de los conceptos. No cualquier caja de herramientas puede lidiar con eficacia y tenacidad con los más duros y nodales. Es por ello que se vacía el tiempo, mientras que las nociones y entidades que más nos interesa atrapar permanecen incólumes, mientras que las teorías y los aparatos conceptuales que quieren explicarlas/explotarlas irremediablemente se desafilan y oxidan.

El panorama es conocido y la desazón aumenta a medida que los conceptos y problemas se vuelven más complejos o son más urgentes y acuciantes. Y explota cuando queremos hacernos cargo de la comunicación digital, de lo que ésta conlleva, y de por qué podemos y debemos tomarnos en serio la cuestión de una transmutación epocal en relación con el advenimiento de la conectividad masiva y, sobre todo, de un aumento sistemático y colaborativo de la inteligencia como jamás se había visto antes.

2. Las computadoras, la comunicación y la alfabetización

No podemos imaginar que la comunicación y la alfabetización digital devendrán masivas, si no reconocemos que la alfabetización es indisociable del proceso de hominización.¶

Que nuestra vida cotidiana está atravesada por nuestro ser alfabetizado (predigital) puede comprobarse frente a cualquier rutina diaria que involucre nuestras operaciones cognitivas. Nos levantamos y leemos (escuchamos y escaneamos) diarios y noticias. Ya antes de poder decodificar letra alguna estamos atravesados por carteles e imágenes pletóricas de texto. Es impensable una supervivencia mínimamente digna en una sociedad que ha hecho de los textos y de las imágenes comentadas el abecé de nuestro ser en el mundo

Desde hace quince años esta tarea de encuentro cotidiano con la información se ha visto amplificada y multiplicada por la lectura de una dieta permanente de e-mails y de mensajes de texto, de páginas web y, más recientemente, de weblogs y de sitios sociales que pueden consumir muchas horas diarias y que cambiaron en forma drástica nuestra concepción de lo que son las relaciones sociales, trascendiendo las barreras del tiempo y del espacio. Y que tienen como peculiaridad su circulación a través de dispositivos telefónicos y cables (pares de cobre, coaxil o fibra óptica).

No menos significativa es la impregnación de la alfabetización en el trabajo. Si, como bien dice Fernando Flores, nos pagan por hablar, queda cada vez más en claro que nos pagan por pensar, por hacer distinciones y, sobre todo, por leer y escribir, pero más que por ninguna otra cosa por conversar a través de esas líneas.

Todas las actividades ligadas a la ciencia y la tecnología, y más específicamente a la industria del conocimiento (que van desde el entretenimiento hasta la alta cultura, desde las infraestructuras más básicas hasta los consumos cognitivos más conspicuos) están vinculadas a nuestro ser alfabetizado. Es decir, a nuestra capacidad de inscribir y de reconocer signos, a nuestra habilidad conversacional, a nuestro uso de las redes (físicas, sociales, socio-técnicas) Por último, la alfabetización es absolutamente determinante cuando de transmisión (en el sentido que Régis Debray les otorga a los procesos de mantenimiento de la continuidad

cultural) se trata. Es decir, la alfabetización es la quintaesencia de todos los procesos educativos (en su sentido más amplio, formal e informal, jerárquico y cotidiano, general y específico, documental e introspectivo), constituye su infraestructura, y si uno no es competente en la lectura y no tiene una alfabetización matemática básica, es imposible que pueda aprovechar los textos de historia de la ciencia o de matemáticas. Consiguientemente, renunciar a la alfabetización o ser excluidos de ella nos margina como ciudadanos, nos aísla como miembros de la comunidad y nos condena a una existencia de segunda.

Pero la alfabetización está estrechamente ligada a distintas tecnologías del conocimiento, a una expansión progresiva de nuestras capacidades expresivas y a una comunión cada vez más profunda entre nuestros instrumentos y nuestras capacidades cognitivas. Por eso la alfabetización se da en escalas, supone peldaños crecientes y, a medida que emergen nuevos protocolos (prácticas sociales asociadas a nuevas herramientas), se ramifica, resignifica y pone en marcha procesos de remediación cada vez más complejos y sobredeterminados, que requieren la alfabetización tradicional (matemáticas, lenguaje) pero necesitan complementarse con la alfabetización mediática y digital en una sociedad reticular cada vez más intensa y extensa.

Si bien los usos comerciales de las máquinas determinan su valor por la socialización que suponen para vastas cantidades de personas, en general llegan a usuarios que son inmigrantes digitales. En cuanto a las apropiaciones estéticas, aunque recién empiezan, tenemos ya varias generaciones de netartistas, la mayoría socializados originalmente en medios tradicionales.² De allí el interés por empezar a imaginar cómo será la producción estética y cultural de los nativos digitales (de esos chicos nacidos después de los años 80) cuyos resultados comienzan a aparecer en la red.

3. La alfabetización es mucho más que los dispositivos que, en parte, la hacen posible

Las computadoras personales (hogareñas, comerciales y educativas) empiezan a difundirse a comienzos de los años 80. Al principio hubo muy pocas en los hogares y en las escuelas, pero gracias a varias leyes combinadas tendentes a la difusión de las innovaciones (Moore, Metcalf, Reid), su expansión se hizo exponencial.

En EE.UU., en 1995 había una computadora cada 10 chicos, bastante lejos de la relación 1:3 o 1:2 que necesitamos para una socialización intensiva y plena en alfabetización digital. Y aun así tenemos sobradas dudas de que, simplemente por atiborrar de más máquinas las escuelas, algo grande y notable acaezca en el mundo de la historia y de la alfabetización o en el arte.

¿Qué es lo mejor que puede pasar en materia educativa gracias al uso intensivo de computadoras en red? ¿Cómo podría ser el aprendizaje en un mundo donde las máquinas estén bien usadas? ¿Cómo podemos asegurarnos de que la visión que elijamos sea sostenible en el tiempo y, sobre todo, de que llegue efectivamente a los chicos? ¿Qué software debería crearse para lograrlo, y cómo nos aseguramos de una metodología para que este camino sea bien recorrido?

Las computadoras en red pueden ser el fundamento técnico de una nueva y potenciada alfabetización que en muchos casos actuará del mismo modo que la actual alfabetización letrada, y que tendrá una penetración e influencia profundas comparables a las que hemos logrado gracias a la alfabetización masiva surgida a partir de la imprenta.

Todo gira alrededor de lo que entendamos por alfabetización digital. Tradicionalmente (y nosotros mismos, en el espectro bajo del *continuum*, endosamos alguna vez esta visión), se circunscribió a creer que prender una computadora, poseer los rudimentos de la ofimática domiciliaria u oficinesca y tener una vaga idea de lo que es la navegación *online* alcanzaba para abrir las puertas hacia el nuevo mundo de las maravillas y de los terrores virtuales.

Grave error. Obrar así y quedarnos contentos fue confundir al balbuceo con la expresión poética y creer que deletrear supone ipso facto la conquista del sentido.

La alfabetización digital será infraestructural o no será nada, y sus alcances, si nuestras intuiciones y proyectos van hacia algún lugar, deberán tener el mismo grado de implicancia de los poderes cognitivos y de la socialización en mundos alternativos que tuvieron la quirografía, el alfabeto y la imprenta, pero también la perspectiva, la cámara oscura, y los mil y un artilugios de la representación pictórica en sus respectivos inicios, pero todos combinados y, además, potenciados.

Es un verdadero escándalo y una vergüenza suponer que la alfabetización digital se reduce al comando incipiente de las máquinas por parte de los adultos, o al uso indolente de las computadoras por parte de chicos y nativos digitales. Y, por añadidura, restringido a ámbitos laborales o educativos formales.

Por suerte, intervenciones como las que ejemplifica la trayectoria de Mariano Sardón³ van exactamente en la dirección (desde y hacia la estética) que estamos inventariando aquí.

4. La proliferación de inteligencias materiales

Quizás un paso inicial para descubrir la pepita que hay entre tanta herrumbre es *sustituir la idea de la alfabetización por la de inteligencia material*. La inteligencia material añade y recapitula el desarrollo espontáneo (porque en realidad está bañado por la cultura ininterrumpida de generaciones) de nuestro despliegue meramente intelectual. Éste sólo tiene lugar ante la presencia de mediadores materiales, desde el lápiz y el papel, el ábaco y las tablas de doble entrada, hasta las mismísimas computadoras devenidas simuladores de propósito general.

Inteligencia material no equivale a inteligencia artificial ni promueve fantasías de robots más que humanos (aunque ése será otro capítulo a explorar en algún momento, y ojalá que en otra muestra). Inteligencia material es inteligencia natural más extensiones maquinales.

Toda alfabetización (tanto las que ya llevamos incorporadas como estas nuevas que pretendemos incorporar) se ha desplegado en torno a una triple adquisición.

La primera es material. No hay alfabetización sin inscripciones materiales externas a la propia mente (lo que fue saludado entusiasta e indeleblemente por William Shakespeare en su inolvidable Soneto CVIII: “*¿Qué hay en la mente que la tinta puede trazar?*”).

Gracias a este procedimiento de externalización volvemos portátiles nuestras ideas. Leer un mapa, verificar una cuenta bancaria, planificar un itinerario, averiguar precios en línea son distintas manifestaciones de esta potestad. Todavía más (y ése es el valor inestimable de los croquis, diseños y maquetas, pero sobre todo de los modelos computacionales o de instalaciones como *Peristáltica* o *Máquinas de escribir*), podemos imaginar futuros mixtos y alternativos (reales y virtuales) y hacerlos correr con suerte dispar gracias a la existencia de estos exoesqueletos cognitivos. Algo que el net.art y el arte electrónico están llevando a sus últimas (¿o primeras?) consecuencias.

El peso de las bases materiales de la alfabetización es algo que se descuida permanentemente, y a excepción de Bruno Latour son muy pocos los que se la han tomado en serio y han podido sacar conclusiones de las pasadas mediamorfosis con implicancias interesantes y riesgosas para el futuro.⁴

Estos saberes materiales están altamente codificados, se estructuran en subconjuntos diferenciados y se enhebran entre sí permitiendo algunas cosas e impidiendo otras. El lenguaje escrito, el más y mejor conocido de todos estos subsistemas, está organizado por partículas elementales, se despliega en distintas capas y permite desde las comunicaciones más banales, la mera transcripción de la cosa misma, hasta elaboraciones de un grado de complejidad (paradojas, descripciones múltiples, enunciados policausales) que aún hoy nos cuesta decodificar y reproducir mecánicamente.

Otros subsistemas notacionales y representacionales tienen una naturaleza y funcionalidad absolutamente diferentes. La aritmética no es muy feliz como vehículo de la poesía o de la filosofía, pero allí donde corresponde nos permite pensar con precisión y concisión. Pero serían impensables profesiones enteras (ingenierías, ciencias, tecnologías) sin el poder de comprensión de las relaciones entre los pilares básicos de la naturaleza que provee la matemática y que, lamentablemente, ha sido confinado al reino de los expertos y los superdotados.

Por eso toda nealfabetización necesita también de la liberación de las matemáticas de su coto de caza, y sobre todo, de una reapropiación de las matemáticas concretas (como quería Maurice Frechet, 1955) y de su inscripción en lo cotidiano.

5. Dependencia tecnológica y diseño de la alfabetización

Los dos rasgos cruciales de la materialidad de la alfabetización son su dependencia tecnológica y su carácter diseñado. Hubiese sido inimaginable una alfabetización masiva desde el Renacimiento hasta nuestros días sin un abaratamiento drástico del papel y el lápiz, fácil de usar y portátil.

Una de las promesas más convincentes de la tecnología computacional es precisamente (como lo había anticipado hace ya una década Robert K. Logan, 1996) la multiplicación de nuevas formas de inscripción de ideas (hojas de cálculo, imágenes procesadas electrónicamente, hipertexto), de patrones reactivos e interactivos (interfaces de juegos, interacción refleja en tiempo real, surfeo contemplativo de una historia de misterio interactiva basada en imágenes), de almacenamiento y de transmisión (desde los CD hasta las redes mundiales) y de acciones autónomas (simulaciones del cálculo).

Es esta inmensidad de nuevos recursos y de posibilidades de manipulación de los símbolos que ellos traen aparejadas la que nos convence de la irreversibilidad de la nueva alfabetización en ciernes. Y también *señalan hacia el arte electrónico como una herramienta clave en estas nealfabetizaciones.*

No se trata de alabar la magia de la computación (como hacen algunos tecnomísticos o tecnognósticos), sino de revisar, en la revolución anterior, el peso específico (generalmente desatendido) de los factores materiales en la evolución de la conciencia y de la cognición. En esta lectura en paralelo se ponen de relieve el poder catalizador de las inscripciones y el formato multidimensional de la visualización.

Además, no olvidemos que estas inscripciones fueron todas (desde el número 0 hasta los menús desplegados *pull-down*) inventadas en forma deliberada o casual, individual o colectivamente, como consecuencia de una presión social selectiva ininterrumpida, donde cabe esperar mejores y más profundos cambios a partir de los estudios más recientes en psicología de la invención, en teoría de la creatividad, en diseño autoorganizado, —en especial los trabajos pioneros y cada vez mejor asentados de Donald Norman, Henry Petrowski, Edward Tenner y tantos más—, y que están teniendo, además, una encarnación superadora de dicotomías (real/virtual, discurso/tecnología, ciencia/arte) en las instalaciones de John Maeda, Jenny Holzer, Brenda Laurel, Agnès Hegedus, Stelarc e Igor Stromaier. (Popper, 2007).

6. Biología de las inscripciones

El segundo pilar de la alfabetización es el cognitivo o mental. Qué hagamos con las inscripciones depende de nuestra dotación biológica, de nuestra base física y de nuestra capacidad computacional. Nadie (salvo algún descarriado evolutivo) puede ver y acordarse

de 1.000 ítems después de haberlos percibido en un segundo o desarrollar inferencias a la velocidad de la luz como hace una computadora.

Hay una dimensión de nuestra habilidad para hablar y comprender el lenguaje oral que está determinada fisiológicamente (se tardó siglos en entender que los chimpancés no pueden hablar... porque no tienen cuerdas vocales), y sin esta dotación la alfabetización letrada jamás hubiese visto la luz.

Si estamos tan convencidos de que la alfabetización digital dejará una impronta imperecedera en la evolución de la alfabetización, es porque la computadora liberará las capacidades innatas humanas en cuanto a reconocimiento espacial y a interactividad conversacional que raramente vemos en la práctica en general, y mucho menos aún en el aula. Y de esta liberación la obra de Sardón quiere hacerse parcialmente cargo.

Los sistemas de inscripción computacionales deben, pues, basarse en las habilidades mentales históricas y reconocer sus limitaciones. Lamentablemente, es tan poco lo que sabemos acerca de la inteligencia humana, y son tan pobres los modelos teóricos de su funcionamiento, que las posibilidades de trasladar sus aciertos a la interacción hombre/máquina se ven fatalmente detenidas por este desconocimiento.⁵ Por eso cada avance, por minúsculo que sea, en el campo de las teorías de la inteligencia se verá amplificado y potenciado por su traducción en nuevos montajes materiales. Y, afortunadamente, el net.art y el arte digital están mostrando su potencial evolutivo.

7. Entornos sociales y espacios de creación colaborativos

El tercer pilar de la alfabetización es el menos conocido, pero no menos determinante. Se trata de los entornos sociales y de los espacios de creación colaborativos, así como de las presiones sociales complejas que nos estructuran como grupos. Lo más interesante aquí es el sutil entramado que hay entre capacidades intelectuales y marco social del desarrollo cognitivo y viceversa.⁶

Andrea di Sessa (2001), con ese valor tan agregado suyo, que es mejorar permanentemente nuestra comprensión de la alfabetización matemática para poder pensar la alfabetización digital en general, da un ejemplo contundente de este eterno y grácil bucle dorado. Nadie duda de que Isaac Newton fue el creador del cálculo infinitesimal. Newton fue en este sentido un precursor de Freud, quien, a través de su propio autoanálisis y en un proceso de desarrollo/descubrimiento recursivo, inventó el psicoanálisis, creando una metodología que después se convertiría en doctrina.

Porque así como Freud, para descubrir/inventar el inconsciente, necesitó acuñar todas las categorías que permitirían hacerlo, Newton hizo otro tanto al inventar la infraestructura intelectual que haría posible entender la mecánica, la ciencia de la fuerza y del movimiento. Se trataba obviamente del cálculo infinitesimal, uno de esos momentos fundacionales de la historia, cuando emergió una nueva inteligencia material a partir de una necesidad específica de la investigación científica. En esta perspectiva, el cálculo fue una manera de escribir y hacer inferencias acerca de algunos aspectos de las cantidades cambiantes. Newton quería caracterizar las propiedades instantáneas del movimiento que escapaban a la inteligencia material anterior. Las herramientas precedentes que podían dar cuenta de situaciones de velocidad constante y no uniformes eran inútiles, cuando lo que se quería abrazar eran estados de cambio no uniforme como es el revoloteo de los planetas alrededor del Sol.⁷

8. Máquinas newtonianas y máquinas ascottianas

Por todo lo que venimos diciendo, la revolución newtoniana fue también la que llevó a la invención de una nueva inteligencia material cuya actualidad (más allá de sus limitaciones cuando de lidiar con lo micro y lo macro se trata, como corrigió Einstein) no puede ser

pasada por alto, y se ve por doquier. Las máquinas newtonianas no sólo abonaron el terreno de la tecnología y la ingeniería, la ciencia y la arquitectura, sino que también infectaron todas nuestras categorías intelectuales (incluyendo paradigmas y teorías de la historia) y, a pesar de mucho manifiesto en contrario, aún no hemos logrado vacunarnos contra ellas. Pero ésa es otra deriva.

Después de Newton la causalidad es local, y se volvió impensable –espiritistas impenitentes a un lado– defender una acción a distancia. Lo que es bastante menos conocido⁸ es que la fantasía de una inteligencia material emergiendo como Palas Atenea de la cabeza de Zeus es una fantasía de autor único, que desconoce totalmente⁹ que imaginar que el cálculo salió entero y listo de la cabeza de Newton es un invento simpático, pero peligroso y distorsionado.

No sólo porque Newton se había basado en algunas situaciones y diseños del propio Galileo, sino, sobre todo, porque la versión más general e incluso la notación definitiva que todavía conservamos y alabamos no fueron realizadas por el propio Newton, sino por el increíblemente genial (y mucho menos reconocido) G.W. Leibniz.¹⁰

No estamos tratando aquí de minar el rol estelar de Newton en la historia. Sí, en cambio, queremos echar luz sobre el carácter acumulativo de las innovaciones e invenciones, que tiene un correlato inmediato en el tema que nos ocupa, cual es el de la alfabetización digital, y más particularmente en el arte digital como inteligencia material. No sirve de mucho que círculos aislados o privilegiados se regodeen en el uso de las herramientas computacionales (desde la primitiva hoja de cálculo que inventó a la computadora personal en 1978, hasta las supercomputadoras actuales, de la *grid computing* al *bookmarking* social, desde las instalaciones al ciberarte, del hacktivismo a la TAZ –*technological autonomy zone*–).

Porque lo que es un verdadero desafío es precisamente poner herramientas poderosas y sofisticadas en las manos de las masas, y no concentrarlas en los usos, aspiraciones y demandas de la elite –sin hablar aquí de la peligrosa y alentada connivencia que estamos viendo en las últimas décadas entre ingeniería, patentamiento, derechos de propiedad intelectual y negocios que no cierran brechas sino que contribuyen a ensancharlas.

Pero se trata de bastante más que de una reivindicación de la acumulación, del peso de la historia y de las herencias intelectuales. El gran visionario fue Newton, pero el gran facilitador fue Leibniz. Sin la baja de costo cognitivo que supusieron sus notaciones, es probable que la mecánica y sus derivados hubiesen tardado muchísimo más en construirse y potenciarse.¹¹

Aunque nuevamente deberíamos recurrir a algún experimento contrafáctico para probar el aserto, no queda duda de que el cálculo infinitesimal tardó dos siglos en convertirse en la *koiné* (la base común de entendimiento) de todos los científicos e ingenieros del mundo. Di Sessa conjetura –y nosotros estamos más que convencidos de ello– que sin la mediación de Leibniz la historia no sólo del cálculo en Occidente, sino de la misma ciencia moderna, hubiese sido muy otra, y no necesariamente para bien.

9. Dinámica hipercompleja de la innovación en la ciencia, la tecnología y el tecnoarte

La conclusión de esta excursión preliminar es más que clara. La emergencia de una inteligencia material como la alfabetización, devenida una infraestructura del conocimiento, depende de fuerzas sociales de la innovación hartamente complejas, de la adopción y de la interdependencia de múltiples agentes (a veces, incluso, como bien dice Latour, de la naturaleza convertida en un actor social), más allá de si es disparada por un individuo aislado o una comunidad no menos singular.

Abonando la teoría del efecto mariposa queda claro, según este ejemplo que tiene muchos equivalentes en la historia, que diferencias minúsculas en aprendizaje (como la que supuso el

pasaje del DOS al Windows) tienen implicancias abismales en la difusión, incorporación y reinención de nuevas prácticas y mundos.

El corolario no es menos significativo. Todavía hoy día la alfabetización matemática es una tremenda barrera y obstáculo para el desarrollo cultural y social de la humanidad. Mientras que unos pocos se solazan y entretienen en su domesticación, para el grueso de la población mundial las matemáticas son desde un engorro hasta directamente una fuente de dolor y de desaliento.

Si, en cambio, visualizáramos la formación matemática como un eslabón indispensable en la infraestructura del desarrollo social y económico, y usáramos innumerables nuevas herramientas de visualización de naturaleza computacional,¹² tal vez tal desiderátum tendría muchas más chances de alcanzarse en un tiempo mensurable y atendible.

Lo mismo debe decirse *ceteris paribus* de la alfabetización digital. Que en ocasiones facilitará la alfabetización matemática, pero que en muchos otros depende de ella.

Sin embargo, lo que nos interesa destacar aquí (abriendo el abanico hacia algo que Di Sessa entrevé pero no desarrolla) es una infraestructura del conocimiento mucho más amplia que incluye, además de una enseñanza según estos lineamientos de las matemáticas, hacer lo propio con la biología, el diseño, la estética, la historia cuantitativa, lo que sea. Y fundamentalmente con el tecnoarte

Cada una de estas disciplinas –recicladas a manos de los paradigmas de la visualización, la interactividad, la masividad y las hiperrelaciones que hacen posibles los tratamientos computarizados abonados por hipótesis plausibles e inteligentes, algunos de cuyos usos pueden comprobarse en las obras de Sardón– aportará un eslabón básico en la reedificación de las infraestructuras del conocimiento y su difusión.

Este concurso es indispensable si queremos alguna vez instalar una alfabetización digital masiva, sistemática y asimilable, que permita sumar a las conversaciones en inteligencias reconocidas, como la lógico-matemática y la lingüística, muchas otras multimediales y emocionales.

No se trata de un proceso lineal sino recursivo, no hay aquí ninguna bala mágica sino mil comienzos (mil medios y mil finales) posibles. Y, sobre todo, requerimos una levadura, cuya naturaleza aún no está demasiado clara, pero que por lo que venimos de delinear tiene rudimentos que habrá que “sembrar” y “plantar” socialmente.

Referencias

- Ascott, Roy, “El web chamántico. Arte y conciencia emergente” (disponible *online*: <http://aleph-arts.org/pens/ascott.html>).
- Di Sessa, Andrea, *Changing Minds. Computers, Learning and Literacy*, Cambridge, The MIT Press, 2001.
- Frechet, Maurice, *Les Mathématiques et le Concret*, Paris, Presses Universitaires de France, 1955.
- Logan, Robert, *The Fifth Language: Learning a Living in the Computer Age*, Toronto, Stoddart Publishing, 1995.
- Popper, Frank, *Arte, acción y participación. El artista y la creatividad de hoy* [1980], Madrid, Akal, 1989.
- , *From Technological to Virtual Art*, Cambridge, The MIT Press, 2007.
- Solomon, Gabriel, *Cogniciones distribuidas: consideraciones psicológicas y educativas*, Buenos Aires, Amorrortu, 1993.

¹ Del devenir filogenéticamente humanos como especie, tal como sostiene Merlin Donald en *Origins of the Modern Mind. Three Stages in the Evolution of Culture and Cognition*, y ontogenéticamente como grupos dispares, variopintos y específicos que somos, distintos y a la vez semejantes, y que reconocemos las conciencias de los otros ya desde los nueve meses de edad, como nos enseñó Michael Tomasello en *The Cultural Origins of Human Cognition*.

² No nos olvidemos de que un pionero como Frank Popper (1989) se planteaba ya en 1980 nuevas formas de arte, acción y participación, previamente a la existencia de la computadora personal y cuando la Internet masiva era una utopía insensata.

³ Mariano Sardón teorizó estos temas en artículos como “An Approach to Relational Artworks as Complex Dynamical Systems. Subtle Technologies” (disponible [online](http://www.marianosardon.com.ar/toronto_eng.pdf): http://www.marianosardon.com.ar/toronto_eng.pdf), o en “El arte como investigación” (disponible [online](http://www.marianosardon.com.ar/arte_tecno_esp.pdf): http://www.marianosardon.com.ar/arte_tecno_esp.pdf).

⁴ Es indispensable profundizar al respecto sumergiéndose en Bruno Latour, “Drawing Things Together”, en Michael Lynch & Steve Woolgar (eds.) *Representation in Scientific Practice* (disponible [online](http://www.bruno-latour.fr/articles/article/21-DRAWING-THINGS-TOGETHER.pdf): <http://www.bruno-latour.fr/articles/article/21-DRAWING-THINGS-TOGETHER.pdf>).

⁵ De allí el interés de las propuestas recientes de Merlin Donald acerca del pasaje de la inteligencia episódica primática a la abstracta humana mediada por la mimesis y el mito, y las tesis de Michael Tomasello acerca de la percepción temprana de la conciencia ajena como rasgo de hominización.

⁶ Hace más de dos décadas Gavriel Solomon avanzaba en estas investigaciones cruzándose con aportes imperecederos de la obra de Vygotsky, sin imaginarse que la web 2.0, y en especial las herramientas de software social, convertirían estos desiderata teóricos en un campo de construcción colaborativa de sentido para centenares de millones de personas.

⁷ Hay tratados y bibliotecas enteras (entre ellos un librito ejemplar como es el de I.B. Cohen *El nacimiento de una nueva física*) que muestran cómo el trabajo combinado de Copérnico, Galileo y su coronación a manos de Newton no sólo cambiaron la física (pasando de una en reposo a otra en movimiento), la cosmología (pasando de un mundo cerrado a un infinito abierto, como gustaba teorizar Alexandre Koyre), la antropología (infligiéndole el primero de los tres golpes narcisistas –junto a los que después provocarían Darwin y Freud, como nos enseñó Bruce Mazlish– más brutales de los que se tenga memoria), sino que también nos darían un modelo para pensar el camino que va del arte representacional al arte proposicional y participativo.

⁸ Por eso la historia de la ciencia necesita urgentemente una revisión a fondo como la que vienen haciendo Steven Shapin, Harry Collins, Steven Woolgar, Bruno Latour y John Law, entre otros.

⁹ Por suerte en las descripciones de la evolución de la ciencia y la tecnología reciente esta multicausalidad es reconocida más fácilmente, como es el caso de las distintas derivas que inventaron la Internet. Ver Tuomi, Ilka, *Networks of Innovation. Change and Meaning in the Age of the Internet*, New York, Oxford University Press, 2002.

¹⁰ Aunque el propio Di Sessa dice no poder probarlo, la razón de esta incorporación de la notación fundamentalmente pedagógica (algo así, pero mucho más sofisticado, como el pasaje de los comandos en el DOS al *drag and drop* en Windows) fue la baja de costo cognitivo propia de esta nueva notación. Efectivamente, en la notación de Leibniz la tasa de cambio de una cantidad x , dado un pequeño cambio en otra t , aparece exactamente como lo que es, como un cociente dx/dt (la notación newtoniana, totalmente opaca, es una x con un circulito encima, imposible de escribir aquí). Además Newton se había consagrado a los cambios en el tiempo (sus famosas fluxiones), por lo que tuvo que enunciar su teorema para el caso en el cual “ y ” es el tiempo, oscureciendo de este modo la generalidad de la ecuación.

¹¹ Se puede hacer una analogía con el desarrollo de la ciencia en China, como investigó en detalle Josep Needham.

¹² El corto animado *Donald in Mathmagic Land* (1959) muestra cómo es posible aprender fracciones, el teorema de Pitágoras, qué es la sección áurea y muchas cosas más de un modo visual que muy pocos otros osaron reiterar.