

Homo instrumentalis

Manos: herramientas, matemática y ciencia

Juan Jorge Parera López
IDEC (Instituto de Estudios Conquenses)

Resumen: Se presentan ideas que destacan el papel de las manos en la evolución de los homínidos que condujo al homo sapiens, y luego al desarrollo de la especie, a través de la tecnología y la ciencia. Si el lenguaje (en cuyo surgimiento las manos tuvieron un papel significativo) jugó un papel esencial en el desarrollo social de nuestra especie, la matemática, creada por necesidades de la técnica y el ordenamiento social, fue elemento decisivo para el desarrollo del pensamiento abstracto y de los logros tecnológicos de nuestra especie. Se propone una taxonomía para el desarrollo tecnológico humano.

Palabras clave: evolución, manos, lenguaje, herramientas, técnica, ciencia.

Homo instrumentalis

Hands: tools, mathematics and science

Summary: Ideas showing the role of the hands in the evolution that led to homo sapiens and the development of our specie through technology and science are presented. If language (in whose emergence the hands played a significant role) was essential in the social development of our specie, the mathematics, developed by the need of the technique and the social organisation, played a decisive role in the evolution of our abstract thinking and technological achievements. A taxonomy for human technological development is proposed.

Keywords: evolution, hands, language, tools, technique, science.

Recibido: 19 de septiembre de 2023

Aceptado: 25 de octubre de 2023

DOI: 10.24310/nyl.18.2024.17602

1. Introducción

La culminación de la evolución de los homínidos que condujo a la aparición del *homo sapiens* fue el resultado de procesos de adaptación de esas especies a diferentes ambientes. La más reconocida es la selección natural de Darwin. Pero no fue solo la adaptación al ambiente natural lo que condujo al salto evolutivo que condujo al *homo sapiens*, en ello fueron fundamentales el medio social, que propició el desarrollo del lenguaje; y la elaboración de herramientas e instrumentos relacionados a la tecnología, que necesitaron de la matemática.

En el progreso evolutivo por adaptación al medio natural, el paso a la posición bípeda fue crucial. Además de las ventajas que la misma proporcionó, cómo la facilidad de desplazamiento por todo tipo de terreno y el aumento del campo de visión, liberó a las extremidades superiores y así favoreció el desarrollo de sus extremos para el agarre, convirtiendo a las manos en medio que posibilitó la fabricación de herramientas, primero, y luego de máquinas e instrumentos de medición.

Las manos fueron decisivas en el surgimiento del *homo sapiens*, por varias causas. Entre ellas, permitió asir cosas para usarlas en distintas labores; proporcionaron el órgano para la comunicación gestual que conllevó a la oral; y porque permitieron la elaboración de herramientas, las que fueron decisivas para modificar el medio natural y adaptarlo a las necesidades humanas.

Es interesante la relación de las manos con el desarrollo del lenguaje. En opinión de muchos la primera forma de comunicación entre los simios superiores fue gestual, en lo que las manos jugaron un papel esencial. Luego se adicionaron sonidos a los gestos, hasta que estos, al ser más efectivos para la expresión de ideas, tomaron el papel relevante en la comunicación (Reed y Durlach, 1998).

Otra vía por la que las manos propiciaron al desarrollo del lenguaje fue la fabricación de herramientas. En la fabricación de estas en los talleres, tutelada por los más expertos, fue necesario un lenguaje más preciso para orientar a los jóvenes en la fabricación de objetos, cada vez más sofisticados y especializados.

Las manos también jugaron un papel importante para el surgimiento y desarrollo de la matemática, por varias razones; una primordial fue que proporcionaron el primer medio material para llevar a cabo el conteo mediante la correspondencia entre cosas contadas y los dedos (y otras partes del cuerpo, pero siguiendo la secuencia tocando con los dedos en los lugares convenientes) (Dehaene, 2016). Otra fue que facilitaron la extensión del conteo a las mediciones, inicialmente en la medida de longitudes y determinaciones de pesos. Junto a ello, la elaboración de herramientas, máquinas e instrumentos de medición, necesitaron de una matemática cada vez más abstracta.

En este artículo se discuten estas ideas. El hecho de que la fabricación de instrumentos fue esencial para el desarrollo del homo sapiens, es la fuente del título principal del artículo: nuestra especie alternativamente pudo designarse homo instrumentalis. Una designación menos presuntuosa que la que alude a la sabiduría, y quizás más justa en cuanto a relevancia.

2. La relación de las manos con el lenguaje

La teoría que sostiene el origen gestual del lenguaje explica que en los grupos de primates que pasaron a la posición bípeda los gestos manuales y faciales se convirtieron en un medio efectivo de intercambio de información. El requerimiento de enriquecer y precisar el sentido de lo comunicado conllevó a adicionar sonidos a los gestos. Mientras los gestos manuales pudieron precisar el contenido del mensaje, los faciales establecían la sin-

taxis¹. Posteriormente se adicionaron sonidos a los gestos para proporcionar mayor versatilidad a las expresiones gestuales, como el de usar sonidos para con gestos idénticos indicar cosas distintas o enfatizar (Corballis, 2003; Arbib, 2012).

Entre los argumentos dados para apoyar esta teoría están los relacionados con el asiento cerebral de las funciones lingüísticas y de los movimientos faciales y reminiscencias de la mezcla de esos dos sistemas de comunicación en el humano de la actualidad.

El control cerebral del lenguaje oral y el de signos es realizado por la misma zona cerebral que controla el lenguaje hablado. Es conocida la cercanía en el cerebro de las zonas lingüísticas con las que controlan las manos. El área de Broca en el *giro frontal inferior* del *lóbulo frontal* del cerebro no solo juega un papel importante en la comunicación oral, sino que también participa en la comprensión de los gestos manuales, lo que apoya a los que sostienen la relación entre la fabricación de herramientas, la comunicación por gestos y el origen de la lengua oral.

Esto fue posible gracias a modificaciones del área cerebral donde están localizadas las *neuronas espejo*. Estas neuronas son responsables de la tendencia a imitar los movimientos que vemos en nuestros congéneres. Presentes también en los simios, en ellos se localizan en ambos hemisferios cerebrales, en los humanos, en cambio, se encuentran en el área de Broca del *hemisferio izquierdo*, que es responsable del control de la vocalización y los movimientos manuales. En la cadena evolutiva de los homínidos esa región está más desarrollada a partir del *homo habilis*, lo que sugiere que el nexo

¹ El lenguaje de signos actual permite comprender cómo esto pudo suceder, pues en él los gestos proporcionan funciones sintácticas. Por ejemplo, en el lenguaje de signos norteamericano una oración afirmativa se hace negativa girando la cabeza a los lados, e interrogativa elevando los párpados y proyectando adelante hombros y cabeza. El hecho de que las partículas básicas del habla no son los segmentos fonéticos (consonantes, vocales) sino los gestos realizados por varias zonas de articulación (labios, lengua) da apoyo a esa interpretación (Browman y Glodstein, 1991). Además, el estudio de niños educados con lenguaje de signos ha mostrado que en el proceso de la adquisición el mismo recorre las mismas etapas que el del habla en otros niños (Meier y Newport, 1990).

entre vocalización y gestos para la comunicación surgió en esa especie hace unos 2 millones de años. Pero se cree que el habla autónoma, como sistema eficiente de comunicación, empezó hace unos 160 mil años con el homo sapiens.

Otro elemento que apoya la teoría es el hecho que los gestos manuales humanos están sincronizados con el habla formando un sistema (McNeil, 1985). Reminiscencias de la relación de los movimientos manuales con los órganos de la cavidad bucal responsables del habla, se tienen tanto en los gestos que hacemos con las manos cuando hablamos, cómo en los movimientos de los primeros cuando realizamos labores con las manos².

Esa relación no es debida a conexiones nerviosas comunes de los órganos bucales, y de los brazos y manos, con el cerebro, pues los primeros son controlados por nervios craneales, mientras que las extremidades son controladas por nervios emergentes de la espina dorsal. La explicación de esa relación, se cree, es por reminiscencias del origen gestual del lenguaje acompañado de sonidos bucales (Douglas, 2023).

3. Herramientas líticas y desarrollo cerebral

Uno de los aspectos que de forma superlativa caracteriza a nuestra especie es la tecnología. La primera manifestación verificable de tecnología en la evolución de las especies hominos es la fabricación de herramientas simples. Tal capacidad exige inteligencia, tanto abstracta como manual, pues se necesitan habilidades manuales para fabricarlas, y se crean objetos para uso futuro y mejorar la capacidad de transformar el mundo.

Desde las herramientas que nuestros antecesores fabricaron se puede deducir el grado de desarrollo de su inteligencia; por cuanto mejores herra-

² Ciertos movimientos manuales violentos y de fuerza los acompañamos instintivamente con sonidos y gritos. Un ejemplo son los chillidos al golpear de los practicantes de artes marciales; mientras que labores táctiles finas, cómo enhebrar agujas y el trazado cuidadoso de detalles con lápices, las acompañamos con movimientos de la lengua y labios; por ejemplo, sacamos la punta de la lengua al realizarlas.

mientas necesitan procedimientos de elaboración más sofisticados, lo que se corresponde con habilidades manuales y el correspondiente desarrollo de ciertas regiones cerebrales.

El tránsito por las diferentes etapas del paleolítico (inferior, medio y superior) es determinado por la calidad de las herramientas líticas elaboradas. En la etapa superior las herramientas no sólo eran más sofisticadas, sino además aprovechaban cantos de piedras fragmentadas con forma aproximada a la que deseaban fabricar. Luego, en el neolítico (10 – 6 mil años aC), junto a herramientas de piedra pulida, estuvo presente la alfarería, y aparecieron la agricultura, la ganadería y los primeros asentamientos urbanos, con todo el arsenal de objetos que esas ocupaciones necesitan.

Se ha investigado el marco social y los cambios anatómicos (en ciertas zonas cerebrales) ocurridos en los cerebros de sujetos experimentales actuales que han aprendido a fabricar herramientas de piedra hasta convertirse en hábiles ejecutores. Las imágenes cerebrales han permitido estudiar las regiones del mismo que se activan en esas tareas. Se encontró que el cerebro de los que elaboraron pétalos de piedra del *periodo olduwayense*³ tenían un incremento de actividad en el *giro supra marginal* localizado en el *lóbulo parietal* (se ocupa de la posición del cuerpo en el espacio y del control visuo-motor); el de los que elaboraron herramientas del tipo del *acheulense* mostraba actividad en esas mismas áreas, pero además en el *giro frontal interior derecho* (región relacionada con el control cuando se realizan diferentes tareas para evitar errores). Lo que mostró que la fabricación de utensilios más refinados requiere de un incremento en el control cognitivo realizado por la *corteza prefrontal*. También se comprobaron cambios en la sustancia blanca cerebral donde residen los circuitos de conexión neuronal, circuitos más extensos en los humanos que en los chimpancés, especialmente los de

³ Los periodos referidos se ubican así: *paleolítico inferior: modos olduwayense* (2,5 – 1,8 millones años aC) y *acheulense* (1,8 millones-130 mil años aC); *paleolítico medio* (130 – 40 mil a.C.) es caracterizado por el modo *musteriense*; *paleolítico superior* (40 – 10 mil años a.C.), correspondiente a la etapa del homo sapiens, incluye entre otros el modo *auriñaciense*. Esos nombres se han tomado de los sitios geográficos donde los restos fueron hallados.

la región cerebral que conecta con el *giro frontal inferior*, lo que es confirmación de que la elaboración de herramientas contribuyó a conformar la mente del hombre moderno (Stout, 2016).

La elaboración de herramientas también contribuyó al desarrollo del lenguaje. La existencia de talleres de aprendizaje implicó la comunicación entre mentor y discípulo. Una manera de aprender de otros es mediante la observación e imitación de lo que el más hábil hace. Pero para la transmisión de orientaciones específicas es necesaria la comunicación, en lo que el lenguaje gestual con expresiones del rostro y de las manos fue de importancia en los estadios iniciales de la evolución del género homo, pero la forma óptima de hacerlo es a través del lenguaje oral (Morgan, 2015).

4. Fases del desarrollo tecnológico humano

Una de las peculiaridades humanas es cómo nuestra especie ha ampliado sus facultades de actuar sobre los objetos del mundo mediante herramientas y aparatos. Proceso que se ha desarrollado en varios pasos. En el inicio de la evolución de los homínidos hacia el homo sapiens fue decisiva la fabricación de herramientas simples, cuyo uso permitió aumentar la capacidad transformadora del medio y a la vez desarrollar el aparato cerebral para crearlas y perfeccionar su uso.

Luego se crearon ingenios accesorios para ampliar sus capacidades en el uso de las mismas. Siguió el aprovechamiento de otras fuentes de energía, como la animal, la hidráulica y la eólica, para accionar máquinas simples, y posteriormente el empleo de la energía almacenada en materiales: vapor, combustibles, nuclear, etcétera. En su última etapa fue un proceso que transcurrió paralelamente al desarrollo de la ciencia que brindó los principios que permitían la explotación de esas fuentes.

Para entender la evolución de su importancia en el desarrollo humano, es útil agrupar los instrumentos que hemos creado, en grupos, empleando para ello criterios que consideren de forma cualitativa el ascenso en complejidad

de los mismos (la complejidad de los aspectos a tener en cuenta al fabricarlos) tanto para hacerlos más adecuados a su función, cómo para optimizar el esfuerzo humano en su empleo.

Una posible clasificación:

(1) Adecuación de la forma y dimensiones de lo elaborado, y empleo del material más adecuado, según la función que tendrán. Es el caso de instrumentos de corte y golpeo, confeccionados de piedra o metal, con formas y dimensiones adecuadas para su función.

(2) Adición de partes auxiliares para mejorar la función de las herramientas y equipos. Esto es utilización de objetos que intermediarán en la acción del humano sobre la herramienta para hacerla más eficiente en su uso. Ejemplos son la rueda, la adición de mangos a las cuñas cortantes para crear las hachas⁴ y los dispositivos para impulsar lanzas (lanzaderas) y flechas (arcos).

(3) Confección de aparatos que permitieran usar medios no humanos para hacer las labores. Primero el uso de animales de tracción. Más adelante el empleo de máquinas simples movidas por agentes naturales, como los molinos de viento y de agua. En la evolución de los mismos se llegó a las máquinas capaces de hacer funciones sustituyendo a la acción directa de los humanos, en todos esos casos se aprovechó otro agente para que hiciera el esfuerzo físico que antes hacía el hombre. Uno decisivo en la evolución de la humanidad fue la máquina de vapor; luego vinieron fuentes de energía y máquinas más elaboradas.

La enumeración anterior muestra, en lo fundamental, una secuenciación histórica (aumento de la complejidad) de la aparición de los ingenios referidos. No es el caso de los que se vienen a continuación. En (4) los ingenios considerados comenzaron a desarrollarse desde los comienzos de la civiliza-

⁴ El mango del hacha proporciona varias ventajas. Entre ellas están: al aumentar el radio de la trayectoria aumenta la velocidad de impacto (la aceleración de la gravedad actúa más tiempo), evita que la mano reciba el choque de retroceso al impactar, el mango funciona como palanca, que facilita extraer la cuña cuando es aprisionada por el material en que penetra, en combates aumenta el alcance del golpe.

ción, hemos postergado su presentación para analizarlos en una perspectiva cognoscitiva amplia. Lo que los caracteriza, no es esencialmente su uso para transformar las cosas del mundo, sino para ampliar las capacidades perceptivas del humano. Mientras que en (5) aparecen los que liberan al humano de su acción directa para hacer las cosas, sustituido por ingenios de control automático, como en los anteriores su significado gnoseológico es profundo, pues constituyen un intento de replicar las capacidades de nuestra especie.

(4) Confección de instrumentos para medir y por esa vía ampliar las capacidades del ser humano. Aquí debemos hacer una división: (a) la creación de medios para medir, como la vara métrica, y para determinar cantidades, como la balanza⁵; y (b) aparatos para ampliar nuestras capacidades perceptivas, como las lentes; las que se combinaron creando sistemas ópticos que nos permitieron ‘mirar’ lo muy pequeño y lo muy distante. Estos aparatos ampliaron nuestras posibilidades perceptivas y nos dieron acceso a nuevos nichos del mundo: el microscopio nos permitió introducirnos en el micro mundo, el telescopio nos permitió ver lo que ocurre en las profundidades del universo.

(5) Junto a la creación de máquinas con fuente de energía no humana apareció la necesidad de crear sistemas de control de las mismas. Un ejemplo es el regulador de Watt para el control de la presión en la caldera de vapor. Con el desarrollo tecnológico se crearon sistemas cada vez más elaborados que sustituían al humano en la dirección de los procesos, hasta llegar a la creación de los ordenadores capaces de controlar y calcular por sí mismos (según las instrucciones dadas por los humanos) (Wiener, 2019). El surgimiento y desarrollo de los ordenadores nos lleva a la convergencia del lenguaje y la matemática (Parera López, 2021).

⁵ La medición para comparar cosas diferentes tiene un significado cognoscitivo profundo, pues muestra un ascenso en el grado de abstracción de los conceptos humanos (Parera López, 2021), pues permitió asignar números a porciones de cosas de diferente tipo, con el objetivo de comparar su valor de obtención y de uso. Por ejemplo, en un intercambio de granos de cereales por carne, los pesos de ambos conjuntos determinan el valor relativo de la dificultad de obtención de los mismos.

5. Manos, técnica y matemática

Heredamos capacidades aritméticas elementales de nuestros antecesores, como la noción de numerabilidad y de cantidad, las que ya poseen mamíferos y aves (Church y Meck, 1984). Desde ellas hemos ido desarrollando matemática cada vez más compleja y abstracta.

En los inicios las manos nos permitieron ampliar la capacidad de conteo, relacionando números con dedos y otros objetos que se manipulaban manualmente. Aún en el pasado reciente tribus africanas cuando iban en incursiones guerreras depositaban en un cuenco un guijarro por cada guerrero que salía, al regresar las iban retirando una a una, las que quedaban daban la cantidad de bajas.

Luego, junto al uso de herramientas y de instrumentos de medición, hubo que desarrollar matemática que permitiera la cuantificación y planificación de la actividad humana. Pensemos en el plano inclinado para mover grandes bloques y el teorema de Pitágoras, en la determinación de áreas de terrenos de cultivo, en el canje comercial de granos por animales, etcétera.

El desarrollo tecnológico llevó aparejado la aplicación de matemática para el diseño y construcción de vehículos y aparatos, hasta que se llegó a la necesidad de la investigación de leyes naturales generales que permitieran aplicaciones más complejas de la técnica. Primero apareció la Mecánica de Newton junto a la matemática de las ecuaciones diferenciales e integrales. Con ayuda de esos procedimientos matemáticos y apremiados por el desarrollo técnico se abrieron nuevos campos que permitieron el desarrollo de nueva técnica: la termodinámica con el estudio del calor, la Acústica y la Óptica para explicar las ondas, etcétera.

En nuestra vida diaria usamos conceptos y métodos matemáticos continuamente: cuando compramos y calculamos precios, cuando analizamos nuestras cuentas bancarias y sus ganancias, cuando elegimos muebles y compramos sus formas y dimensiones con las de las habitaciones donde los situaremos, etcétera.

Lo cierto es que la matemática impregna la totalidad de nuestra existencia en el mundo moderno, sin que la mayoría seamos conscientes de ello. Está presente en el diseño y construcción de los edificios que habitamos y frecuentamos, en el trazado de nuestras ciudades; en los objetos que manipulamos diariamente, pues para construirlos fue necesaria aplicarla y también para crear sus sistemas de operación, está en el diseño de las herramientas que usamos, en la elaboración de las gafas que corrigen nuestras limitaciones visuales cuyo diseño se basa en ecuaciones de Óptica. Las bombillas se rigen por los principios de las ecuaciones de electricidad y las de última generación están basada en las propiedades cuánticas de los materiales, explicadas por ecuaciones. Está en los aparatos de TV que diariamente nos entretienen, en los ordenadores, en la AI que cada día necesitamos más. Está en todos los objetos de diseño y construcción por la mano humana.

6. Fundamentos neurales de la relación entre manos y matemática

En los animales ya encontramos capacidades matemáticas primarias, como la apreciación de magnitud y el conteo, pues las mismas son necesarias para su sobrevivencia. Se ha comprobado que ratas y palomas pueden contar hasta varias decenas (Capaldi y Miller, 1988). El ser humano heredó tales capacidades de sus antecesores y las desarrolló al par con el progreso social y tecnológico.

El desarrollo de la matemática en el humano partió de la capacidad de conteo y la realización de operaciones aritméticas simples. Luego, otras necesidades condujeron al desarrollo de la geometría, la estadística, el álgebra, etcétera (Parera López, 2021).

Antes nos referimos al papel de las manos en el desarrollo de la matemática: proporcionaron el primer medio material para contar y facilitaron la extensión del conteo a las mediciones. Tal relación tiene bases biológicas que nos llevan hasta sus fundamentos neurales.

Las capacidades matemáticas primarias están localizadas en los lóbulos parietales del cerebro, los que tienen como funciones principales la percepción y la integración de la información sensorial recibida por distintas vías para unificarla.

La zona de esos lóbulos en la que reside el sentido numérico primario es el *surco intraparietal* (IPS)⁶. En el IPS hay conjuntos de neuronas que son responsables de la comprensión de los primeros dígitos, constituyen el llamado *módulo numérico* (Butterworth, 2016; Dastjerdi et al, 2013). Se ha comprobado en simios superiores y en humanos, que esa zona neural tiene que ver con la coordinación perceptual de la visión (percepción de los objetos, de sus tamaños y el número de los mismos), del agarre y la manipulación de los objetos (Culham y Kanwisher, 2001).

En las zonas del IPS que se ocupan de lo numérico, las neuronas se mezclan con las que tienen que ver con la percepción y localización de las cosas⁷, incluidas sus desviaciones laterales, percibidas por distintos órganos sensoriales.

7. La ciencia: mediciones, lenguaje y matemática

Un paso crucial en la apertura de nuevos horizontes al género humano se produjo con el desarrollo de equipos que ampliaron nuestras capacidades perceptivas y nos permitieron entrar en nichos desconocidos del mundo. Lo que nos introdujo en regiones del universo donde rigen otras leyes, distin-

⁶ El IPS consta de 5 regiones anterior (A), lateral (L), ventral (V), caudal (C) y medial (M). Se ha determinado cómo las mismas participan en esas funciones. Por ejemplo, V y M se responsabilizan del control para dirigir la mirada y señalar con los dedos, mientras que A se ocupa del control visual al agarrar un objeto y de su manipulación. Las zonas del IPS tienen conexión neural con zonas del lóbulo frontal tienen el control ejecutivo de las acciones.

⁷ Una prueba inmediata de ello es el tiempo de respuesta cuando se nos muestran dos dígitos de diferente altura y magnitud, por ejemplo: < 2 y 5 > y se nos pregunta: <Cuál es mayor?>. Obsérvese de paso que la dificultad también reside en el sentidos de las palabras: <¿Mayor, en qué sentido?>.

tas a las que rigen los objetos cercanos que percibimos directamente. Leyes que debimos descubrir y que aún descubrimos, porque ampliamos nuestro conocimiento del mundo a medida que aumentamos la resolución de esos aparatos.

Para construir esos aparatos usamos la matemática, pero también para explicar el comportamiento de los objetos presentes en esos nuevos ambientes. Para ello usamos el sistema simbólico que la matemática brinda, y para explicarlo adaptamos a lo que allí ocurre el lenguaje desarrollado en el mundo de nuestro entorno.

Si el desarrollo de la esencia del homo sapiens partió de sus manos, conjugada con su comportamiento social, lo que conllevó al lenguaje y a la fabricación de herramientas primero, y luego de máquinas, al par con el correspondiente desarrollo de la matemática, es en la ciencia donde esos aspectos se entrelazan formando un tejido que es el fundamento de nuestra civilización.

Las teorías científicas parten de estudios experimentales de grupos de fenómenos afines, para lo cual se emplean instrumentos de medición que determinan los valores de las magnitudes fundamentales de la teoría y que se ordenan y relacionan mediante un aparato matemático que es interpretado lingüísticamente.

La ciencia ha sido fruto de, y es vía, del desarrollo de la tecnología. Ya en la antigüedad comenzó el uso de investigaciones a pequeña escala para desde los resultados fabricar instrumentos y máquinas con funcionamiento eficiente. Recordemos los ingenios de Arquímedes, la Máquina de Hebrón. Pero es a partir de los s XVIII y XIX que se da un salto significativo simbolizado en lo que se ha llamado la Revolución Industrial. Pero ha sido en los últimos decenios que la matemática presente en la ciencia y en la Lógica nos ha llevado a la creación de engendros que comienzan a rivalizar con nosotros, y ya nos superan en algunas capacidades.

8. Conclusiones

En la evolución de las especies homínidas que desembocaron en el homo sapiens, además de la ‘selección natural’ fueron esenciales otros dos tipos de ‘selecciones’: la social y la tecnológica. Esas tres ‘selecciones’ tienen un elemento común: las manos. La locomoción bípeda desarrollada por la ‘selección natural’ posibilitó el empleo de las extremidades superiores para el agarre y el desarrollo de un lenguaje gestual. La evolución del lenguaje gestual culminó con el lenguaje oral, con mayor velocidad de transmisión de información y posibilidad de signos fonéticos. Las manos permitieron la elaboración de herramientas simples primero, y luego, el desarrollo de instrumentos que abrieron vía al desarrollo de la técnica y desde ésta a la ciencia.

En este trabajo se explican cómo esos procesos transcurrieron, y se ha propuesto una taxonomía para la evolución del desarrollo tecnológico, basada en fundamentos cognoscitivos muestra la evolución de la capacidad de abstracción del pensamiento humano, en lo cual la matemática ha jugado un papel primordial.

Bibliografía

- Arbib, MA (2012): *How the brain got language*, Oxford, Oxford University Press.
- Browman, C; Goldstein, L (1990): «Gestural structures: Distinctiveness, Phonological Processes, and Historical Change», in I. G. Mattingly, M. Studdert-Kennedy, *Modularity and the motor theory of speech perception*, Psychology Press, pp 41-67.
- Butterworth, B (1999): *The Mathematical Brain*, Macmillan, London.
- Capaldi, EJ; Miller, DJ (1988): «Counting in rats: its functional significance and the independent cognitive processes that constitute it», *Journal of Experimental Psychology. Animal behaviour processes*, Vol 14, N° 1, pp 3-12.
- Church, RM; Meck, WH (1984): «The numerical attribute of stimuli», in RM Church, WH Meck, *Animal cognition*, Psychology Press, pp. 54-74.

Corballis, MC (2003): «From mouth to hand: Gesture, speech and the evolution of right-handedness», in *Behavioural and Brain Sciences*, Vol 26, pp 199-208. DOI: 10.1017/s0140525x03000062.

Culham, JC; Kanwisher, NG (2001): «Neuroimaging of cognitive functions in human parietal cortex», in *Current Opinion in Neurobiology*, Vol 11, N° 2, pp 157-163. DOI: 10.1016/s0959-4388(00)00191-4.

Dastjerdi M et al (2013): «Numerical processing in human parietal cortex during experimental and natural conditions», in *Nature Communications*, Vol 4, article number 2528. DOI: 10.1038/ncomms3528.

Dehaene, S. (2016): *El cerebro matemático*, Siglo Veintiuno, Buenos Aires.

Douglas Fields, R (2023): «The hidden brain connections between our hands and tongues», *Quantamagazine*, August. URL: <https://www.quantamagazine.org/the-hidden-brain-connections-between-our-hands-and-tongues-20230828/>.

McNeil, D. (1985): «So you think gestures are nonverbal?» in *Psychological Review*, vol 92, nr 3, pp 350-371; DOI: 10.1037/0033-295X.92.3.350.

McNeil, D. (1992): *Hand and mind: What gestures reveal about thought*, Chicago, Chicago University Press.

Meir, R.P.; Newport, E.L. (1990): «Out of the hands of babes: On a possible sign language advantage in language acquisition», in *Language*, Vol 66, N° 1, pp 1-23. DOI: 10.2307/415277.

Morgan, T. H. et al (2015): «Experimental evidence for the co-evolution of hominid tool-making teaching and language», in *Nature Communications*, Vol 6, Article number 6029. DOI: 10.1038/ncomms7029.

Parera López JJ (2021): *Lenguaje y Matemática en la comunicación y el pensamiento*, Llanura.

Reed, CM; Durlach, NI (1998): «Note on information transfer rates in human communication», in *Teleoperators and virtual Environments*, Vol 7, N° 5, pp 509-512. DOI: 10.1162/105474698565893.

Wiener, N. (2019): *Cybernetics or control and communication in the animal and the machine*, Massachusetts, MIT Press.



Juan Jorge Parera López
jjpareral2009@hotmail.com