

LO SENSORIO MOTOR Y LO SIMBÓLICO EN EL PENSAMIENTO

Juan J. Parera López
IDEC (Instituto de Estudios Conquenes)

Resumen: Resumen: Se analizan los fundamentos semánticos de los conceptos desde el punto de vista de la Neurología, la Lingüística, la Matemática y la Física para concluir que si bien biológicamente están fundamentados en el aparato sensorio motor y de acción del individuo, en su uso en campos de elevado nivel de abstracción, como la Matemática y la Ciencia, deben fundamentarse en un aparato interpretativo abstracto y por tanto de naturaleza simbólica. Se propone un modelo híbrido y estratificado para el pensamiento que muestra un escalamiento del nivel de abstracción de los conceptos.

Palabras clave: pensamiento; conceptos; neurología; lingüística; matemática; física.

THE EMBODIED AND THE SYMBOLIC IN THOUGHT

Summary: From the perspective of Neurology, Linguistics, Mathematics and Physics the semantic foundations of the concepts are analysed to conclude that, although biologically they are based on the sensory-motor apparatus of the person, their use in fields of high level of abstraction, such as Mathematics and Science, is based on some abstract interpretative system, and therefore of symbolic nature. A hybrid, stratified model for thought, showing a scaling of the abstraction level of the concepts, is proposed.

Keywords: concepts; neurology; linguistics; mathematics; physics.

Recibido: 19 de enero de 2022

Aceptado: 16 de febrero de 2022

DOI 10.24310/NATyLIB.2022.vi16.14138

1. Introducción

La comprensión y explicación humana del mundo se basa en entidades mentales que tienen componentes perceptivos, de acción y simbólicos.

Usualmente nos referimos a las unidades con significado de los mismos llamándolos *conceptos*, tradicionalmente explicados como resultado de la actividad lingüística cerebral. Más recientemente, con más conocimiento sobre los procesos mentales y su papel en la actividad cognitiva, han aparecido otras interpretaciones. En los polos de esas están la referida, que los explica basándose en estructuras lingüísticas: la *teoría lingüística de los conceptos* (TLC). En el extremo opuesto está la que considera que están basados en la reactivación de zonas cerebrales que han almacenado información cuando los mismos fueron adquiridos a través de la percepción y la actividad motora del individuo: la *teoría corporal de los conceptos* (TCC).

Partiendo de la explicación del pensamiento humano como función de un cerebro resultado de la evolución de los sistemas nerviosos de organismos más rudimentarios se concluye que nuestras facultades mentales aparecieron del desarrollo de las capacidades de percepción y acción de aquellas criaturas. Capacidades de génesis corporal, controladas por procesos fisiológicos cerebrales que en el género homo evolucionaron junto, y en estrecha concomitancia, con el desarrollo del lenguaje. De lo cual se concluye que la naturaleza de los *conceptos* relativos a la acción del ser humano en el mundo, debe explicarse desde la perspectiva que considera la simulación cerebral de las percepciones y acciones junto a lo simbólico.

Nuestra capacidad de pensamiento simbólico se manifiesta fundamentalmente a través del lenguaje. El lenguaje humano debe ser comprendido en dos relaciones. Una en su aspecto personal, pues trabaja con símbolos abstractos que representan cosas y acciones que nos permiten pensar, hablar y escuchar; es en esa relación que el aspecto corporal del fundamento de los *conceptos* tiene su base.

La otra es el aspecto social del lenguaje, pues surgió y se perfeccionó en la comunicación entre miembros de grupos humanos, y por tanto su origen y función trasciende al individuo e involucra, además del mundo objetivo, al entorno social en que el mismo se desarrolla. Es ese aspecto el que conlleva al fundamento lingüístico de los *conceptos*, especialmente de los que no se refieren a cosas objetivas sino a aspectos subjetivos y de relaciones sociales.

Aún los conceptos referidos a percepciones y acciones tienen un componente social, pues su comprensión en el contexto de expresiones de ideas va complementada por funciones cerebrales responsables de lo simbólico.

Tenemos sistemas cerebrales específicos que se ocupan de nuestras facultades lingüísticas, y son ellos los que de forma consciente se ocupan de los *conceptos*. Hay *conceptos* para referirnos a acciones y percepciones, mientras otros tienen naturaleza abstracta, es el caso de los que tienen que ver con las relaciones sociales y carecen de fundamento objetivo, vb. ‘democracia’ y ‘amor’. Cuando nuestro cerebro utiliza *conceptos*, tanto en la comunicación como en el pensamiento, los integra en estructuras lingüísticas coherentes. Para ello debe poner en funcionamiento varias de sus partes y utilizar simultáneamente las regiones responsables tanto de los *conceptos concretos* como de los simbólicos.

Lo simbólico en el humano no se restringe solo a lo lingüístico. El hecho de que en nuestro pensamiento además de procesos lingüísticos participen imágenes mentales condujo en el pasado al surgimiento de teorías que sostienen que nuestro sistema simbólico cerebral trasciende a lo lingüístico. Entre ellas se puede mencionar la de Pylyshyn (1979), que sostenía la existencia de un meta sistema simbólico que incluye a lo lingüístico y lo gráfico, y la de Paivio (1971), consistente en un sistema dual, lingüístico y mediante imágenes mentales. A esta teoría dual se le ha objetado que no hay pensamiento puro con imágenes, pues cuando pensamos con ellas siempre hay involucrados elementos lingüísticos, que, directa o indirectamente participan en la manipulación mental de las mismas.

Además de las formas de simular el medio mencionadas (lenguaje, imágenes) en el pensamiento participan lo matemático y lo estético, aspectos que han sido obviados parcial o totalmente en la mayoría de esas discusiones.

Nuestras facultades matemáticas primarias son atendidas por regiones cerebrales no coincidentes con las lingüísticas. *Los conceptos matemáticos* poseen elevado grado de abstracción pues no están directamente relacionados con las cosas y procesos reales. Como ejemplos podemos citar los *conceptos*

de conjunto, grupo, variedad topológica. Los cuales tienen significado dentro de sistemas de pensamiento desarrollados en la evolución de la Matemática*. Una de las características de la Matemática es el desarrollo de teorías cada vez más abstractas y generales a través de la introducción de las llamadas *estructuras matemáticas* que resumen conceptos y relaciones de diversos campos. El desarrollo de tales generalizaciones facilitan la formación de matemáticos al sustituir el esquema pedagógico de ir de lo particular a lo general por otro que parte de conceptos generales para comprender conceptos particulares de distintos campos, lo que abrevia el tiempo de formación de los futuros especialistas y amplía su visión de la disciplina (Richl, 2021).

Aunque los conceptos matemáticos no están directamente vinculados con cosas del mundo, si lo están de forma indirecta, pues explican las relaciones entre aquellas. Ese hecho les da un amplio espectro de aplicación, lo que es explotado en la Ciencia, y sobre todo en la Física.

* Matemática con mayúscula designa el nombre de la disciplina; matemática con minúscula se utiliza para designar la actividad del que trabaja con esa disciplina, vb. La actividad matemática de los alumnos fue excelente.

En la Física los *conceptos* y herramientas matemáticas relacionadas a ellos (dan las reglas de cómo los primeros se aplican) han permitido comprender regiones del mundo a las que a nuestros sentidos no tienen acceso directo. Un ejemplo es el mundo atómico, en el cual, mediante la Matemática, se han esclarecido *conceptos* como el de *electrón*, que en la concepción actual se precisa mediante ecuaciones diferenciales, matrices y probabilidades (Parera López, 2021). Muchos de esos *conceptos*, desarrollados desde las estructuras matemáticas que los definen, al formularse mediante el lenguaje que hemos desarrollado en el mundo macroscópico no poseen una interpretación unívoca y para expresarlos se debe acudir a la mezcla de conceptos macroscópicos mutuamente contradictorios, vb. el *electrón* tiene simultáneamente propiedades de partícula y de onda.

La participación de criterios estéticos en el pensamiento fuera del ámbito del arte, ha sido menos discutida. Científicos que han hecho relevantes aportes a sus ciencias han testimoniado que las consideraciones de belleza han influido en el origen de sus teorías (Penrose, 1999; Dirac 1982). Por lo cual también lo estético debe incluirse en discusiones sobre el tema.

El hecho de que el pensamiento humano nos permite pensar y comunicarnos mezclando *conceptos* de variada naturaleza y grado de abstracción, conduce a sostener que el mismo ocurre basado en funciones cerebrales responsables tanto de aspectos perceptivos y de acción, como lingüísticos, matemáticos y estéticos. El que los *conceptos* abstractos funcionan dentro de estructuras cognitivas especiales lleva a la conclusión de que para su uso debe crearse algún tipo de plataforma mental distribuida en todo el cerebro que sirva de marco a los análisis donde se utilizan. Situación especialmente significativa en el caso del pensamiento científico. A argumentar y desarrollar esta idea se ocupa el presente trabajo.

2. Sobre la interpretación del pensamiento con fundamento corporal

Las TCC sostienen que no hay separación entre los procesos mentales ‘low’ cognitivos y los ‘high’ cognitivos. En el caso del lenguaje esto implica que cuando comprendemos una palabra se usan las mismas zonas cerebrales que cuando se interactúa con el objeto y entidades a la que se refiere, y cuando comprendemos una frase se simula el estado del mundo que ella describe. Por lo que las zonas cerebrales responsables de acción y lenguaje no son independientes, sino actúan concorvadamente (Pullvermüller et al, 2005; Glenberg et al, 2008):

Que los símbolos lingüísticos tienen fundamento sensorio-motor significa: (a) el significado de un símbolo (el interpretante) depende de la actividad de los sistemas usados en la percepción, la acción y las emociones, y (b) razonar acerca de su significado, incluyendo su papel dentro de una frase, requiere usar esos sistemas (Glenberg et al, 2008: 905) traducción del autor.

Hay diferentes versiones de las TCC. Común a todas ellas es el afirmar que el fundamento neurológico de los *conceptos* reside en las estimulaciones sensorio motoras de las regiones cerebrales involucradas en la adquisición de los mismos. Estos es, se basan en simulaciones ejecutadas por la reactivación de los patrones de actividad neural asociadas a la percepción y la acción, que, almacenados en registros localizados en diferentes regiones cerebrales, son recuperados e integrados en las llamadas *zonas de convergencia* para reconstruir el *concepto* en cuestión (Damasio y Damasio, 1992; Gallese y Lakoff, 2005; Barsalau, 2008).

En esa interpretación los conceptos no son entidades estables, sino que, al estar constituidos por diferentes componentes, en la recuperación de los mismos se incorporan solo las formas modales que se ajustan al contexto específico de que se trate. En esa relación debe destacarse que en las simulaciones mentales de situaciones no todos los procesos son necesariamente conscientes, pudiendo contener elementos no conscientes (Pecher et al, 2009).

Como prueba de las TCC se han aportado reportes médicos y estudios experimentales. Entre los primeros están los relacionados con las dificultades cognitivas en el procesamiento de conceptos que presentan pacientes con lesiones en diferentes regiones cerebrales: pacientes con lesiones en cierta parte tienen incapacidad o dificultad de incorporar determinado componentes de un concepto, aun cuando procesan adecuadamente los restantes. Ha sido muy estudiado en el caso de los colores. Pacientes con lesiones en ciertas zonas de la región occipital no aprecian colores (acromatopsia), mientras otros con partes de las regiones parietal y temporal afectadas aprecian los colores pero presentan dificultad en decir sus nombres (Damasio y Damasio, 1992).

Entre los estudios experimentales están los que investigan respuestas motoras a instrucciones mostradas por escrito o gráficamente. Se ha visto que los sujetos responden más rápido en el caso que la acción respuesta este acorde con la mostrada en las figuras (Stanfield y Zwaan, 2001; Glenberg y Kaschak, 2002). Usando técnicas de introspección en la actividad cerebral

(resonancia magnética nuclear funcional RMNf; estimulación magnética transcranial TMS y electroencefalografía EEG) se ha constatado la activación de zonas cerebrales que controlan la percepción y acción mientras los sujetos realizan diversas funciones cognitivas. Los estudios de EEG permiten precisar los intervalos temporales que demoran en activarse las regiones cerebrales, algo importante para discernir si los efectos son primarios o solo efectos complementarios posteriores a la comprensión de los conceptos (Borghì y Scorolli, 2009; Speed, 2015).

Entre los retos que enfrentan las TCC está explicar la naturaleza de los conceptos abstractos. Como la adquisición de los mismos carece de referentes reales es difícil explicarlos mediante los registros de actividad perceptual y de acción (Borghì y Cimatti, 2009). Se han propuesto diferentes soluciones a esta dificultad. Entre ellas están las que argumentan que la adquisición de los mismos se realiza por similitud con *conceptos* concretos, esto es, a través de su interpretación metafórica. Un ejemplo de ello es que realizamos juicios temporales por analogía con representaciones espaciales (Pinker, 2007; Parera López, 2021).

Estudios de la estructura neuronal del hipocampo y de su corteza entorrinal parecen dar apoyo anatómico a esa interpretación. Se ha encontrado que los mapas neurales que se establecen en el cerebro para cartografiar el espacio donde nos movemos y fijar nuestra situación en él (el llamado *GPS en el cerebro*, Premio Nobel de Medicina en el 2016), son también usados para ubicar intervalos temporales y para la organización cerebral de propiedades de las cosas (Bellmund y Doeller, 2021). Lo que significa que los mapas neurales que consideran las impresiones sensoriales espaciales funcionan también para el almacenamiento de conceptos de otros tipos.

A pesar de la observación de activación de zonas cerebrales responsables de actividades motoras cuando se realizan tareas lingüísticas, no hay completa certidumbre de cómo se efectúa tal concatenación, pues se han encontrado diferencias en la actividad de zonas pre-motoras y motoras dependiendo del tipo de palabras presentes en la actividad cognitiva (Postle et al, 2008).

Otra interpretación en esa relación es la que explica la naturaleza de los conceptos abstractos a partir de la función de una parte de las zonas cerebrales que se ocupan de los concretos. En ella se afirma que mientras que los *conceptos concretos* dependen de la actividad coordinada de la corteza pre-motora y la motora del cerebro, en el caso de los abstractos funciona solo la corteza pre-motora (Gallese y Lakoff, 2005).

3. Sobre la interpretación del pensamiento con fundamento lingüístico

Las TLC sostienen que el uso de los *conceptos* depende del sistema de estructuras lingüísticas establecidas en el cerebro humano. Se basan en que la función lingüística del último se ha estructurado sistémicamente de forma que los *conceptos* (palabras) se agrupan en categorías según sus significados en diversos contextos, y que las formas de combinarlas es siguiendo reglas sintácticas determinadas por su relación con el mundo objetivo y el entorno social, haciendo énfasis en la función social del lenguaje.

Según la Semiótica el significado de una palabra es una unidad semántica determinada en un grupo cultural concreto, y su ‘valor de significado’ se establece mediante un sistema de posiciones y oposiciones relativas a otras palabras. Esto es, su significado se extiende en un intervalo enmarcado por los intervalos de validez de palabras relacionadas con ella (se dice que cubren *campos semióticos*). De esta forma el significado de una palabra no está unívocamente delimitado, ni universalmente (pues depende del grupo cultural donde se use), ni temporalmente (puede variar en el transcurso del tiempo) (Eco, 1984; Parera López, 2021).

Como ventajas de la interpretación lingüística de los *conceptos* se citan (Dove, 2010):

(1) Los hace independiente de estímulos sensoriales, lo que además de darle mayor rapidez operativa al usarlos, el incluirlos en estructuras sintácticas facilita la reproducción mental de situaciones fuera de contextos específicos.

(2) Al liberar el pensamiento de los estímulos perceptivos permite incrementar el rango de interpretaciones de ideas propias y ajenas cuando pensamos o escuchamos a otros.

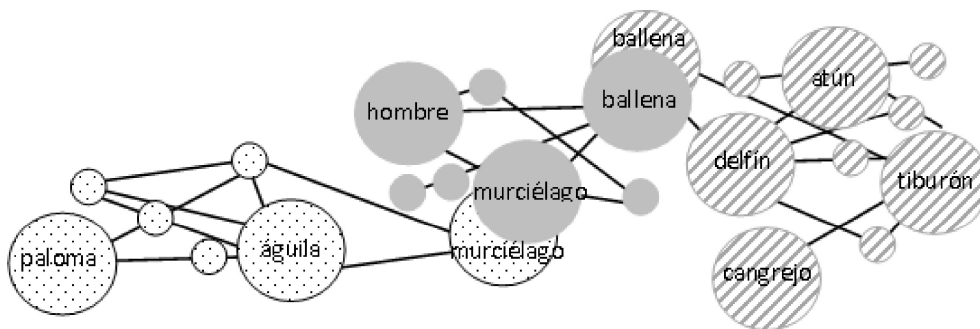
(3) Permite valorar el grado de veracidad y la relación inferencial de los pensamientos, tanto nuestros como de los demás.

A las ventajas enumeradas se puede añadir una cuarta:

(4) El tratamiento del lenguaje como un sistema de categorías abstractas permite aplicar métodos matemáticos en la explicación de procesos lingüísticos.

Entre las técnicas matemáticas que se han usado en esas labores está la Teoría de Redes. Experimentos con sujetos que dicen sucesiones de palabras elegidas arbitrariamente han mostrado la relación de proximidad entre las citadas sucesivamente. Esto es, cada palabra citada está conectada con la precedente de alguna manera, lo que significa que palabras sucesivas pertenecen a una categoría que las relaciona según determinados criterios.

Tal conexión entre palabras se puede ilustrar mediante un diagrama tipo red, como el mostrado en la figura donde los nodos son nombres de animales agrupados en clases (*categorías*) atendiendo a determinadas características: animales voladores (fondo punteado), mamíferos (fondo gris) y animales marinos (fondo rallado).



Obsérvese cómo las diferentes categorías se enlazan por nodos (animales) comunes a ambas. Por ejemplo el nodo 'ballena', que a la vez que mamí-

fero es animal marino. Los segmentos que unen nodos muestran relaciones entre los animales en otros contextos.

La aplicación de la Teoría de Redes al lenguaje toma en cuenta cómo se establece la conexión entre el *concepto* (palabra) que ocupa un nodo y los *conceptos* (palabras) en los restantes nodos de la red. Para medir la ‘cercanía’ de dos conceptos conectados por un segmento se asigna un peso probabilístico (un número entre 0 y 1) a la conexión; por ejemplo si es el número 0,8 los conceptos están muy próximos. Con tales modelos se han explicado muchos fenómenos, entre ellos la conectividad entre personas en plataformas digitales (Vespignani, 2019).

4. La Matemática, un nivel superior de abstracción de los conceptos

La Matemática junto al lenguaje desempeña un papel principal en el aparato mental interpretativo del mundo. Una característica de la misma es que sus *conceptos* no están relacionados directamente con las cosas reales. Hay semejanza entre los *conceptos matemáticos* y los de naturaleza social al menos en dos aspectos: (1) ambos se refieren a relaciones entre cosas. En el caso de la Matemática a relaciones con fundamento cuantitativo u otras relaciones abstractas dentro del marco interpretativo de sus teorías, mientras que los *conceptos sociales* tienen que ver con relaciones entre personas o sentimientos; y, (2) valen dentro de un aparato interpretativo colectivo consensuado por una comunidad.

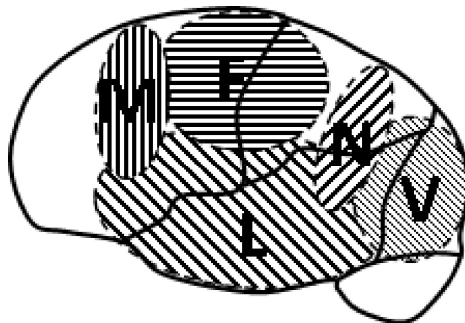
Los conceptos matemáticos se han desarrollado paulatinamente, a la par con el desarrollo humano y de la técnica, en una escalera de abstracciones sucesivas. Así han surgido las diferentes ramas de la Matemática y en cada una de ellas *conceptos apropiados*. En los orígenes de la civilización se crearon los números, necesarios para el conteo de cosas y operaciones simples con ellos, así surgió la Aritmética. Luego vinieron la Estadística, necesaria para el control de poblaciones y bienes, y la Geometría, para la medición de terrenos y la construcción de edificaciones. Con el desarrollo de la técnica se fueron incorporando nuevas ramas: el Álgebra, la Teoría de Probabilidades,

el Cálculo Infinitesimal, etcétera. Más recientemente la Teoría de Conjuntos, la Topología y la Teoría de Categorías, para mencionar algunas.

El desarrollo de la Matemática se ha basado en el lenguaje, pues los conceptos matemáticos se formulan e interpretan lingüísticamente. Como ejemplo consideremos la operación aritmética de multiplicación, digamos $7 \times 9 = 63$. Para utilizarla primero hay que saber lo que significa la operación (sumar el número 9 siete veces, alternativamente el 7 nueve veces. Obsérvese que la operación se interpreta a través de su explicación lingüística) y su representación simbólica (7×9). Para en la práctica encontrar la respuesta no realizamos la suma según la definición, sino utilizamos recetas lingüísticas que hemos memorizado de pequeños: las tablas de multiplicar.

Las zonas cerebrales donde residen nuestras capacidades matemáticas primarias están separadas de las zonas lingüísticas. Se encuentran en un surco de la región parietal que se extiende por ambos hemisferios, allí reside el llamado ‘módulo numérico’ (Butterworth, 1999). Con la escolarización aumenta el grado de participación de reglas de cálculo y conceptos definidos lingüísticamente, lo que conlleva a que se incorporen zonas de la región lingüística al pensamiento matemático. De esta forma cuando desarrollamos tareas matemáticas en nuestro cerebro hay colaboración de zonas lingüísticas, matemáticas y de otras funciones (Parera López, 2021).

En la figura se muestran esquemáticamente las zonas cerebrales que colaboran con el aparato conceptual: Los contornos de trazos limitan aproximadamente las zonas que controlan: L - el lenguaje; M - la zona motora; F - la formación de las frases; N - la matemática; V - lo visual.



5. *Un sistema híbrido y estratificado para el pensamiento*

Las investigaciones experimentales descritas para fundamentar las TCC se refieren a conceptos aislados y frases aisladas que los contienen, pero el pensamiento es una actividad compleja que involucra estructuras cognitivas basadas en principios con las que se hacen deducciones de diferente naturaleza. Las teorías matemáticas y científicas funcionan dentro de un andamiaje de principios y convenciones abstractas, por ello la persona que trabaja con ellas debe hacerlo en un mundo mental constituido por objetos abstractos que son regidos por principios abstractos. Es también el caso de las teorías de la Física. Cuando un físico razona sobre un cierto fenómeno dentro de un campo de conocimiento lo hace basado en un sistema de principios que crean un ‘escenario’ donde realizará sus análisis. Se ha propuesto la introducción del llamado *escenario mental* para explicar la efectividad de especialistas al resolver problemas del campo de su profesión. El mismo es un ‘ambiente’ cerebral de pensamiento adaptado al campo de conocimiento en el que se resuelva la tarea en cuestión, que no consume parte de la memoria operativa, sino que la condiciona para trabajar con efectividad en el marco de los principios de la teoría que se aplique, (Parera López, 2021). La pregunta es: ¿en qué lugar del cerebro se ubican los principios de esas teorías cuando se activan en la resolución de una tarea?

Es cierto que los principios abstractos que conforman cualquier teoría en cualquier campo de conocimiento tienen más cerca o lejos algún fundamento objetivo, pues en definitiva el aparato cerebral humano se desarrolló para hacernos aptos de vivir en el mundo y con él pensamos.

Hay *conceptos* directamente relacionados con nuestras percepciones y acciones, hay otros no directamente relacionados a ellas pero desarrollados en base de a aquellas, mientras que otros *conceptos* están contruidos sobre *conceptos* abstractos y por tanto poseen un grado de abstracción aún superior. Ejemplos de ello proliferan en Matemática.

Una teoría de esa disciplina con elevado grado de abstracción es la To-

pología. Para citar un ejemplo, el *concepto* de igualdad de dos cosas se generaliza en la misma de forma que objetos reales de formas completamente diferentes, como lo son una taza y una rosquilla, son topológicamente iguales (*homeomórficos*), pues en esa teoría la definición de identidad se aleja de propiedades reales y se basa en herramientas conceptuales como la Teoría de Transformaciones y la Teoría de Funciones. En un grado de abstracción aún más elevado está la Teoría de Categorías. La misma se sitúa por encima de todas las teorías matemáticas particulares y consta de *conceptos* generales que resumen conceptos de varias de aquellas; para ello generaliza aún más el concepto de *identidad*. La ventaja de la Teoría de Categorías es que brinda un aparato interpretativo general desde el cual puedan abordarse los casos particulares de diferentes teorías, (Riehl, 2021).

En las teorías de la Física se da algo interesante. En ellas se va de conceptos matemáticos de elevado nivel de abstracción a conceptos basados en la percepción y acción, pues siempre hay que contrastar mediante experimentos las afirmaciones abstractas a que la teoría conduce con los fenómenos objetivos. Un ejemplo actual es la Teoría de Cuerdas que desde fundamentos matemáticos intenta explicar a las partículas elementales y las propiedades del espacio-tiempo. Hasta que sus resultados no sean confirmados experimentalmente se mantendrá como una teoría hipotética.

La forma en que, según sus testimonios, científicos han realizado novedosos descubrimientos es otra prueba de ese carácter híbrido del pensamiento, que en muchos casos se separa del aparato lingüístico. Aquí fragmentos de testimonios de dos de ellos:

Albert Einstein: Las palabras o el lenguaje, ya sea escrito o hablado, no parecen jugar ningún papel en mi mecanismo de pensamiento. Las entidades físicas que parecen servir como elementos del pensamiento son ciertos signos e imágenes más o menos claras que pueden reproducirse y combinarse “voluntariamente” (...) Los elementos antes mencionados son, en mi caso, de tipo visual y muscular. Las palabras u otros signos convencionales tienen que buscarse laboriosamente sólo en una segunda etapa, cuando el citado juego asociativo está suficientemente establecido y puede ser reproducido a voluntad (Penrose, 1999: 525).

Roger Penrose: (...) *he experimentado frecuentemente por mí mismo las dificultades que tenían esos pensadores para traducir sus pensamientos en palabras. Con frecuencia la razón es que no hay palabras disponibles para expresar los conceptos requeridos. De hecho yo calculo a menudo utilizando diagramas (...) que constituyen una especie de taquigrafía para ciertos tipos de expresiones algebraicas* (Penrose, 1999: 526).

Desde Piaget (1992) la opinión de que el pensamiento integra componentes de diferente naturaleza ha sido sostenida por diversos investigadores en relación con el desarrollo de las representaciones mentales en el niño, destacando que en las primeras etapas del desarrollo son de tipo visual y de acción, para luego, y en base a aquellas, desarrollar operaciones abstractas. En las etapas sucesivas de ese proceso el intelecto en desarrollo encuentra problemas de complejidad creciente cuya resolución exige planear y predecir lo que ocurrirá en diferentes posibles escenarios, para lo cual debe experimentar mentalmente. A la postre desarrollará representaciones internas de los fenómenos que dan base al pensamiento conceptual y así al sistema de operaciones mentales, (Gusev y Safuamov, 2003).

En este orden de ideas la explicación del pensamiento humano mediante la Teoría de los Modelos Mentales, si es complementada con lo matemático y lo estético, el autor la considera adecuada. Los *modelos mentales* incluyen, además de representaciones proposicionales consistentes en expresiones lingüísticas enlazadas por reglas gramaticales, a imágenes visualizables y otros elementos abstractos que no pueden ser visualizados, pues no corresponden a una situación simple, sino a una clase de situaciones o a un conjunto de tales clases, (Jonhson Laird, 2004). Entre los últimos deben incluirse los *conceptos* matemáticos y la valoración estética.

Según testimonios de científicos creadores de nuevas teorías, como Henry Poincaré, J.M. Dirac y Roger Penrose, las consideraciones estéticas han jugado un papel importante en sus descubrimientos:

... es imposible separar (los criterios estéticos del criterio de verdad) cuando (en Matemática y Ciencia) consideramos los temas de inspiración e intuición. Mi impresión es que la

fuerza de un soplo de inspiración ... está ligado estrechamente con sus cualidades estéticas. Una bella idea tiene mayor probabilidad de ser correcta que una idea fea ... (Penrose, 1999: 522).

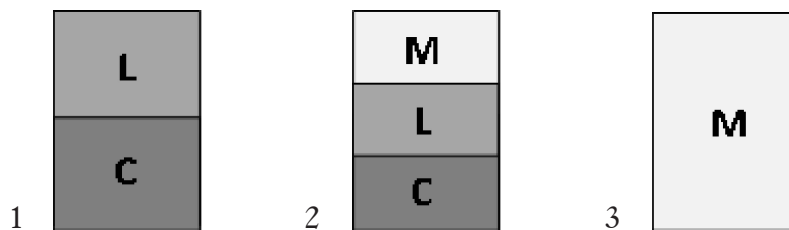
La participación de diferentes componentes del pensamiento en la comunicación entre seres humanos depende tanto del tipo de asunto tratado, como del nivel conocimiento de los que se comunican. Para ilustrar consideremos tres situaciones que se representan diagramáticamente:

(1) Conversación sobre un asunto de la vida diaria: Aquí participan ideas sobre cosas reales (el rectángulo C) y conceptos lingüísticos (el rectángulo L).

(2) Conversación sobre un asunto de Física: Aquí participan ideas sobre cosas reales (C), expresiones lingüísticas (L) y fórmulas matemáticas (el rectángulo M).

(3) Conversación sobre un tema abstracto de Matemática usando simbología matemática. En este caso los matemáticos intercambian ideas sobre objetos matemáticos abstractos.

Gráficamente se ilustran con los diagramas mostrados:



En la Física debe tenerse presente que toda teoría de la misma es un conjunto de formulaciones lingüísticas y matemáticas enlazadas, y referidas a objetos reales.

El caso de la Matemática es peculiar, pues la misma trabaja con objetos abstractos relacionados según un conjunto de axiomas y reglas convenidos de principio. Refiriéndose a ello Penrose (1999) relata:

Cuando <<vemos>> una verdad matemática nuestra consciencia irrumpe en este mundo de ideas y toma contacto directo con él Cuando los matemáticos se comunican ... puesto que cada uno puede tomar contacto directamente con el mundo platónico, pueden comunicar entre ellos más fácilmente de lo que pudieran esperar. Las imágenes mentales que tiene cada uno de ellos ... podrían ser bastante diferentes, pero la comunicación es posible porque cada uno está en contacto directo con el mismo mundo platónico .. (Penrose, 1992: 351).

6. Conclusiones

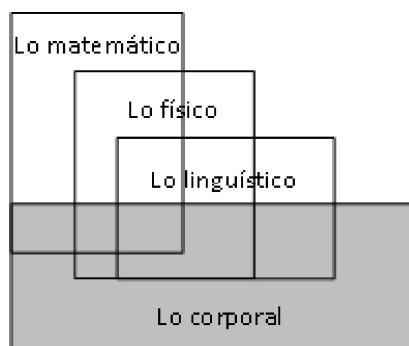
Cuando pensamos y hablamos hay colaboración de varias zonas cerebrales, produciéndose una integración de los componentes de los *conceptos*, tanto lingüísticos como perceptivos y de acción, con otros elementos del pensamiento como abstracciones matemáticas e imágenes mentales, lo que conduce a la conclusión de que el pensamiento se realiza mediante un sistema híbrido y estratificado. En algunas tareas puede estar predominantemente ligado a la percepción y acción, en otras predominantemente lingüístico, en otras fundamentalmente gráfico o numérico. Pero siempre con la participación, en mayor o menor grado, de todas esas formas.

De esta forma en lugar de considerar las interpretaciones TCC y TLC como mutuamente excluyentes, ambas deben ser integradas en un sistema más amplio explicativo del pensamiento humano. Las TCC consideran el fundamento biológico personal de los conceptos, mientras que las TLC consideran su fundamento social. Pero no basta solo con ellas. La Matemática es un componente del pensamiento que, aunque integra elementos lingüísticos y perceptuales, tiene características propias y elevado grado de abstracción. La Matemática trabaja con objetos compuestos por conceptos abstractos y relacionados por un sistema de inferencias válido dentro de sistemas simbólicos de pensamiento. A pesar de que la Matemática trabaja con objetos ficticios ha demostrado su capacidad como herramienta práctica en diversos campos, fundamentalmente en la Ciencia.

En la Ciencia, y en particular en la Física, las teorías explican distintas

regiones del mundo usando un aparato que combina lo lingüístico y lo matemático, con conceptos abstractos que en ocasiones no se corresponden exactamente con los que hemos desarrollado en el mundo en que vivimos, pero son internamente coherentes y potencialmente explicativas, permitiendo predecir resultados prácticos que a la postre se comprueban en experimentos.

El carácter híbrido y estratificado del pensamiento se ilustra en el diagrama abajo. Los rectángulos representan los diversos tipos de estructuras conceptuales con las que el ser humano trabaja, y sus intersecciones consideran la dependencia recíproca de ellas. La forma de escalonada del diagrama no solo indica el nivel de abstracción de los conceptos (los conceptos completamente corporales son primarios mientras los conceptos matemáticos poseen el mayor grado de abstracción), sino también como los conceptos de cada estructura se construyen en base a los de la inferior.



La representación de los aspectos no corporales con una parte del rectángulo por encima de lo corporal, no significa que haya *conceptos* de las mismas completamente divorciados de lo perceptual y de acción, pues en toda disciplina hay un escalamiento progresivo del grado de abstracción partiendo de *conceptos* concretos. Para poner un ejemplo: la Teoría de Espacios Vectoriales de la Matemática ha sido el resultado del escalamiento del *concepto de vector* que surgió en la Física desde los desplazamientos de cuerpos y fuerzas aplicadas a los mismos.

Con las interpretaciones aquí expuestas se puede explicar el por qué en investigaciones de la actividad cerebral cuando se resuelven tareas involucrando *conceptos abstractos* se observa excitación en regiones responsables de *conceptos corporales*, pues el origen de los primeros se fundamenta en los últimos (las regiones de los rectángulos superiores sumergidos en la zona gris). A la vez destaca (la región de cada rectángulo por encima de la sombreada gris) que cuando se trabaja con conceptos abstractos se puede operar en un sistema simbólico que puede ser independiente de las regiones responsables de los conceptos concretos, es el caso del trabajo con las teorías abstractas de la Matemática. El papel de los criterios estéticos en el descubrimiento de nuevas teorías da también fundamento a esa afirmación.

Bibliografía

- Barsalou L, Santos A et al (2008) «Language and simulation in conceptual processing», *Symbols, embodiment, and meaning*, De Vega M et al, Oxford University Press, 245-283
- Bellmund J, Doeller C (2021) «La organización cerebral del pensamiento», *Investigación y Ciencia, Mente & Cerebro* (mayo/junio), 70-77
- Borghì A, Scrolling C (2009) «Language comprehension and hand motion simulation», *Human Movement Science*, (28), 12-27
- Borghì A, Cimatti F (2009) «Words as tools and the problem of abstract words meaning», *Proceeding of the 31st Conference of the Cognitive Science Society*, Amsterdam, 2304-2309
- Butterworth B (1999): *The mathematical brain*, London, Macmillan
- Damasio A, Damasio H (1992) «Cerebro y lenguaje», *Investigación y Ciencia: Tema 5* (noviembre), 20-28
- Dirac P (1982) «Pretty mathematics», *Int. Jour. of Theor. Physics*, (21), 603-605
- Dove G (2010) «On the need for embodied and dis-embodied cognition», *Frontiers in Psychology*, (242), 1-12
- Eco U (2020): *La estructura ausente. Introducción a la Semiótica*, Barcelona, Debolsillo
- Gallese V, Lakoff G (2005) «The brain's concepts: the role of the sensory-motor system in conceptual knowledge», *Cognitive Neuropsychology*, (22), 455-479
- Glenberg A, Kaschak M (2002) «Grounding language in action», *Psychonomic Bulletin Review*, (9), 558-565

- Glenberg A, Sato M et al (2008) «Processing abstract language modulates motor system activity», *Jour. Exp. Psychology*, (61), 905-919
- Gusev V, Safuamov I (2003) «Thinking in images and its role in learning Mathematics», *Proceeding of the meeting of PME and PMENA*, Universidad de Honolulu, Hawaii, (4), 87-102
- Johnson-Laird P (2004) «The history of mental models», *Psychology Press*, 179-212
- Paivio A (1971): *Imagery and mental process*, NY, Rinehart-Winston
- Parera López J (2021): *Lenguaje y Matemática en la comunicación y el pensamiento*, Madrid, Llanura
- Pecher D, Dantzig S et al (2009) «Concepts are not represented by conscious imagery», *Psychonomic Bulletin Review*, (16), 914-919
- Penrose R (1999): *La nueva mente del emperador*, Barcelona, Mito Bolsillo
- Piaget J (1992) «El pensamiento del niño pequeño», *Seis estudios de psicología*, Barcelona, Labor
- Pinker S (2007): *El mundo de las palabras. Una introducción a la naturaleza humana*, Barcelona, Paidós
- Postle N, McMahon K et al (2008) «Action words meaning representation in cyto-architecturally defined primary and premotor cortices», *Neuroimage*, (43), 634-644
- Pullvermüller F, Hauk O et al, (2005) «Functional links between motor and language systems», *Europ. Jour. of Neuroscience*, (21), 793-797
- Riehl E (2021) «Categorías infinitas», *Inv. y Ciencia* (diciembre), 20-29
- Speed L (2015): *Simulating Speed in Language: Contributions from vision, audition and action*, Doctoral thesis, University College London
- Stanfield R, Zwaan R (2001) «The effect of implied orientation derived from verbal context on picture recognition», *Psychological Science*, (12), 153-156

Juan J. Parera López
jjpareral2009@hotmail.com

