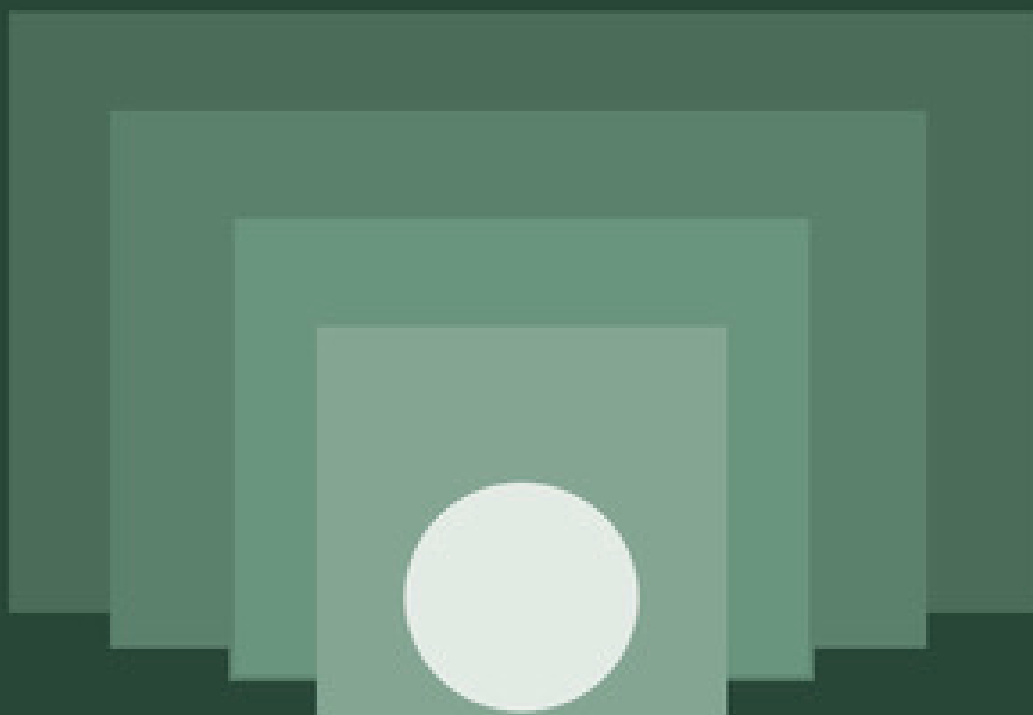


Lenguaje y Matemática

en la comunicación y el pensamiento



Juan J. Parera López

Índice

Prefacio 9

1. Introducción 13

- 1.1 El lenguaje 15
- 1.2 La Matemática 17

2. Cognición 19

- 2.1 El ser humano interactúa con su entorno 20
- 2.2 El mundo es real y nuestro cerebro lo modela 21
- 2.3 El desarrollo cognitivo 23
- 2.4 El concepto de escenario mental 28
- 2.5 La adquisición de los conceptos de objeto y de espacio 29
- 2.6 Los conceptos y la multimodalidad del pensamiento 34
- 2.7 Objetos y sus nombres según la Filosofía 36
- 2.8 Las representaciones mentales 42

3. El cerebro humano 55

- 3.1 Estructura del cerebro humano 56
- 3.2 Cerebro y visión 57
- 3.3 Cerebro y lenguaje 60
- 3.4 Cerebro y Matemática 63

4. El lenguaje humano 69

- 4.1 Comunicación en animales 70
- 4.2 Evolución de los homínidos y surgimiento del lenguaje 73
- 4.3 Teorías sobre el surgimiento del lenguaje 79
- 4.4 Apuntes sobre la historia del lenguaje 85
- 4.5 Desarrollo lingüístico, el simbolismo 93
- 4.6 El lenguaje en la comunicación y la conformación del humano 101
- 4.7 ¿Qué nos hace sapiens? 105

5. La Matemática 117

- 5.1 Introducción 118
- 5.2 Matemática evolutiva 119
- 5.3 Desarrollo matemático de los humanos 120
- 5.4 Diferentes niveles cognitivos al resolver un problema matemático 123
- 5.5 Los inicios y antiguas civilizaciones 125

-
- 5.6 La Matemática en la Antigua Grecia 128
 - 5.7 La Matemática desde el Imperio Romano al Medioevo 132
 - 5.8 El Álgebra y la Geometría se fusionan, nace la Matemática 134
 - 5.9 Análisis Matemático, ecuaciones diferenciales y Análisis Funcional 138
 - 5.10 Las funciones de variable compleja 143
 - 5.11 La Teoría de Probabilidades y la Estadística 145
 - 5.12 Nuevas geometrías 147
 - 5.13 Matemática no numérica: la Teoría de Grafos y la de Conjuntos 148
 - 5.14 La Lógica Matemática 153
 - 5.15 Los ordenadores 156
 - 5.16 Caos y fractales 157
 - 5.17 Otras ramas de la Matemática 162
 - 5.18 ¿Qué es la Matemática? 164

6. Lenguaje y Matemática 167

- 6.1 Lenguaje, soporte del pensamiento matemático 168
- 6.2 El *lenguaje matemático* 173
- 6.3 La *figura geométrica* como síntesis cognitiva 176
- 6.4 *Lenguaje natural y lenguaje matemático* 180
- 6.5 La Matemática en la comprensión del mundo 190

7. Lenguaje, significado, estructura, creatividad 193

- 7.1 Comunicación e información 194
- 7.2 Lenguaje, su estructura: la Gramática 198
- 7.3 El significado: campos semánticos, denotación y connotación 202
- 7.4 Lenguaje: Teoría de Redes y Sistemas Complejos 211
- 7.5 La Gramática refleja el mundo físico 216
- 7.6 Lenguaje y creatividad 230

8. Lenguaje y Ciencia 235

- 8.1 El método y el lenguaje de la Ciencia 236
- 8.2 Las teorías físicas 239
- 8.3 El caso de fenómenos no observables: los fenómenos eléctricos 244
- 8.4 El lenguaje en el mundo atómico: la Mecánica Cuántica 246
- 8.5 Nuestras descripciones del mundo son simbólicas 249

9. Conclusiones 253

10. Bibliografía 257

Prefacio

¿Qué relación guardan el lenguaje y la Matemática en la comprensión humana del mundo? ¿Cuán entrelazados están esos dos sistemas simbólicos en el pensamiento y la comunicación para referirse a los objetos que nos rodean?

Indudablemente en los albores de la civilización el lenguaje debió tomar la delantera para describir los fenómenos inmediatos al humano, pero a medida que se desarrolló la sociedad y la técnica, la Matemática se fue haciendo más necesaria para la organización social y la creación de artículos y edificaciones, algo que transcurrió paralelo al desarrollo del pensamiento abstracto humano. Su evolución ha sido tal, que los ingenios construidos, gracias a los avances matemáticos, en la etapa actual, comienzan a ser capaces de emular con el humano en la realización de muchas tareas intelectuales.

Si en el desarrollo de las diversas ramas de la Matemática el *lenguaje natural* fue esencial, actualmente en la misma se crean sistemas simbólicos específicos cada vez más abstractos y eficientes. La pregunta que algunos formulan es si esa evolución continuará hasta llegar a la creación de un *lenguaje matemático* independiente del *lenguaje natural*, como grandes genios lo han vaticinado. Es célebre la frase de Galileo Galilei: *El universo no puede ser leído hasta que hayamos aprendido su idioma (...)* [que] *está escrito en símbolos matemáticos*.

En mi labor como profesor de Física y Matemática siempre me he interesado por el lenguaje como vía de transmisión de conocimientos, así como por la correlación entre las prestaciones académicas de los alumnos y sus capacidades de expresión escrita y oral, en lo que está presente una mezcla de lo lingüístico y lo matemático.

En esa relación tuve dos experiencias singulares. Una fue que preocupado por la baja eficiencia de la promoción en la carrera universitaria de Licenciatura en Física (de menos del 15% al finalizar estudios), tomé, además de mis cursos de Física Teórica y Métodos Matemáticos de la Física, el curso de Introducción a la Física (1er curso de la carrera), donde pude ver que el mayor problema de los estudiantes no era propiamente en la Física y la Matemática, sino en deficiente pen-

samiento lógico y coherencia en la expresión escrita. La otra fue durante mis estudios doctorales en la Universidad de San Petersburgo (Leningrado en aquellos tiempos) cuando ayudaba a estudiantes cubanos que cursaban estudios de Física. En ellos detecté un doble problema: carecían de comprensión lógica de los temas de Física, unido a un dominio insuficiente de una lengua alejada de su lengua madre; lo que intentaban salvar repitiendo memorísticamente las formulaciones de ideas físicas en la lengua rusa. Era como si su pensamiento se quedara en un estrato superficial, sin penetrar en lo profundo del intelecto.

Después de muchos años de docencia en las asignaturas de Física y Matemática en la universidad cubana, trasladé mi residencia a Suecia, donde, junto con la docencia en esas disciplinas, el nuevo ambiente existencial y cultural me permitió desarrollarme en el campo de las Humanidades y en los fundamentos psicológicos de la Pedagogía, en lo que la obra de Jean Piaget me sirvió de guía. Con la formación adquirida comprendí mejor cómo funciona la psiquis humana en la comprensión del mundo, en el aprendizaje y en la aplicación del conocimiento, en lo que el lenguaje, la Matemática y el pensamiento visual participan cómo trío indisoluble.

La formación humanística, sobre todo en Psicología y Hermenéutica, me hizo cambiar interpretaciones sobre el mundo que había adquirido en mis estudios de Ciencias. Una de ellas fue que la creencia de gran parte de la colectividad científica de que sus explicaciones de los fenómenos muestran la esencia de los mismos es falsa, pues comprendemos a las cosas mediante el aparato mental con que la evolución nos ha dotado, adaptado a nuestras características biológicas y basado en el simbolismo, y con él realizamos las interpretaciones de 'lo que está allá afuera'. A explicar por qué esto es así dedico buena parte del capítulo 2.

Concluí una maestría en Sociología y Pedagogía con una tesis sobre el pensamiento gráfico. Años después, basado en ella, escribí un libro donde junto a ese tema incluí el arte. A pesar del giro de interés nunca abandoné el lenguaje y seguí recopilando información sobre el mismo, fundamentalmente en su relación con la inteligencia.

El aprendizaje de dos lenguas alejadas del español me permitió conocer cómo se manifiestan los aspectos gramaticales en tres lenguas distintas. Fueron muy notable dos cosas; una fue la comparación del uso de los artículos de la lengua española

con las desinencias de los sustantivos, que en el sueco y el ruso realizan la función de aquellos. La otra fue los verbos y sus declinaciones; por ejemplo el ruso es sumamente preciso en los verbos que describen movimiento. ¡Tiene tantos verbos de movimiento! - según el sentido, el medio de transporte, etc. En el sueco los verbos no declinan según el sujeto, lo que obliga a la precisión explícita continua del que habla. En cuanto a la lengua oral, el sueco con sus nueve vocales y más de veinte sonidos de las mismas, y el ruso con palabras en las que hay varias consonantes en sucesión y sonidos alejados de los de la fonética española. ¡Fue tan difícil e interesante!

Ya jubilado tuve tiempo para perfeccionar mi formación filosófica y literaria, y escribí, junto a Blanca Caballero, varios libros de narraciones, tanto para niños como para adultos. Esas labores, además de adentrarme más en la función comunicativa del lenguaje a diferentes niveles de abstracción, me mostró que en el lenguaje hay Matemática, no sólo en la presencia de ideas de esta en la comunicación diaria, sino también en su estructuración, campo en el que la Semiótica de Umberto Eco y la Teoría de Redes me ayudaron a profundizar.

Mi incursión en el mundo de la literatura me hizo profundizar en la obra de grandes de nuestra lengua. Debo destacar la influencia de tres de ellos: el lírico cubano José Lezama Lima, el gran narrador argentino Jorge Luis Borges y el poeta mexicano Octavio Paz. En este último encontré que la hermosura de lo poético puede estar unida a la profundidad de lo filosófico. Otras figuras del mundo literario que han dejado huella en mí son Alfredo Villaverde, Alejandro Moreno, Miguel Romero y Grisel Parera, sin olvidar a la ya citada Blanca Caballero. A todos ellos mi agradecimiento.

Esta obra trata sobre el lenguaje, la Matemática y la relación de ambos para comprender el mundo, la comunicación y el aprendizaje. El papel de la Matemática es crucial para explicar regiones que no percibimos directamente, en lo que el aparato matemático 'abre el camino' que luego el lenguaje 'empedrará'.

El tema tratado es amplio, por lo que ha se ha enfocado desde diferentes disciplinas. Se emplean elementos de Psicología Cognitiva, Neurología, Paleontología, Historia, Lingüística, Semántica, Filosofía y Matemática. En el capítulo final las ideas se ilustran en la Ciencia, ejemplificando con la descripción de fenómenos que

no percibimos directamente, en cuya labor el uso metafórico del lenguaje es fundamental.

Se han introducido varios conceptos para aclarar o ampliar aspectos de la bibliografía. Entre ellos el de *escenario mental*, *círculos lingüísticos*, *niveles de abstracción de los conceptos*, una definición de conciencia jerarquizada en tres niveles de complejidad, y se ha precisado el concepto de *representación mental*. En la parte de estructura del lenguaje se propone una formulación muy introductoria de la Gramática mediante la Teoría de Conjuntos. Pero lo fundamental es la idea de que lenguaje y Matemática son sistemas simbólicos complementarios y entrelazados de codificación de información para la comunicación y el pensamiento.

Algo peculiar de la exposición es que destaca el aspecto individual. Aunque se le da importancia a lo social en los temas tratados, parte de los análisis se centra en cómo funciona el conocimiento y su aplicación, en cada persona, en cómo cada uno comprende y explica al mundo, lo que está implícito en el concepto de *escenario mental*, pues el mismo es personal.

Espero que la lectura de esta obra sirva a otros. Muchas gracias.

Juan J. Parera López

En Torrevieja el 8 de junio del 2021

1. Introducción



Entre las cualidades que nos distinguen como humanos el pensamiento simbólico ocupa un lugar preponderante. Usamos símbolos para representar a las cosas y razonar sobre ellas. Esa capacidad es la base de la compleja comunicación de nuestra especie y ha sido el eje de su ascensión en la escala zoológica.

Hay varias causas del porqué de ello. La comunicación basada en símbolos permite la sincronización de los miembros de un grupo para ejecutar tareas conjuntas de forma coordinada, capacidad que también poseen algunos animales. Hay otros dos aspectos que son típicamente humanos; uno es que el pensamiento simbólico posibilita la modelación anticipada de lo que haremos, lo cual permite planificar y optimizar nuestras acciones; el otro es que las viejas generaciones transmiten sus logros a las nuevas, lo que garantiza el enriquecimiento progresivo de la cultura y la técnica humana.

El lenguaje y la Matemática tienen dos cosas en común, ellas son su uso para la comprensión del mundo y el que ambos se emplean en la comunicación. Usualmente sus orígenes y evolución se tratan de forma separada, a pesar de que están estrechamente vinculados y evolucionan dependientes el uno del otro. Ejemplos de ello son que el origen de la lengua escrita comenzó por el asentamiento de cifras que cuantificaban bienes en sustratos sólidos, y que el razonamiento matemático se realiza lingüísticamente.

Una diferencia entre ambos es que el lenguaje ha sido algo esencialmente acabado en cada etapa del desarrollo de la humanidad (aparte de lenta evolución). Ese no es el caso de la Matemática, pues la misma ha ido incorporando nuevas ramas y aumentando en complejidad paralelo al desarrollo tecnológico de la humanidad. Esa diferencia se debe a que el lenguaje describe las cosas del mundo inmediato, mientras que la Matemática trata con objetos abstractos necesarios en el desarrollo comercial y técnico.

Para citar ejemplos de la evolución de la Matemática: la Aritmética simple surgió en los albores de la civilización, la Geometría fue necesaria para la construcción de edificios y medición de terrenos, el Álgebra y la Geometría, consideradas disciplinas separadas hasta el Medioevo, convergieron en el siglo XVII para generar la Geometría Analítica. Es a partir de ahí que se puede hablar con propiedad de la Matemática como disciplina integrada por varias ramas. Con el paso del tiempo, reclamado por necesidades prác-

ticas, se le fueron adicionando otras, entre ellas la Teoría de Probabilidades, el Análisis Matemático, la Teoría de Conjuntos, la Teoría de Redes; y una de singular interés en el marco de esta obra: la Lógica Matemática, pues en ella convergieron Matemática y lenguaje. En el capítulo 5 veremos más de su evolución histórica. Advierto al lector que allí narro más como historiador que como matemático, pero aquí y allá introduzco ejemplos y algunos algoritmos con el objetivo de ilustrar el aspecto simbólico de la disciplina que es de importancia en la ideas que se aquí exponen.

El objetivo de esta obra es estudiar el lenguaje y la Matemática, tanto en la evolución de la humanidad, como en el desarrollo cognitivo de cada persona, destacando la relación entre ambas. Finalmente se ejemplifica cómo esas disciplinas están imbricadas en la explicación científica del mundo.

1.1 El lenguaje

Algo sobre la terminología que se empleará en relación al lenguaje y su uso en la comunicación humana:

Lenguaje es un sistema de signos (escritos o sonoros), concatenados según reglas (sintaxis), que permite transmitir mensajes con significado (semántica) en la comunicación entre seres humanos.

Lengua es una forma concreta del lenguaje. Los idiomas son lenguajes naturales*, también hay lenguajes artificiales, como las usados en la programación de ordenadores.

El lenguaje se desarrolló paulatinamente en nuestros antecesores para la comunicación entre los miembros de un grupo social. Primero surgió la lengua oral, posteriormente, con el surgimiento de los grandes imperios y la necesidad de almacenar información para la organización y control de grandes grupos humanos, apareció la lengua escrita.

* Algunos especialistas prefieren hablar de lengua a nivel personal significando que es un atributo peculiar de cada persona [Chomsky 2002 / Chomsky 2003].

La comunicación simbólica involucra varios aspectos. Descritos esquemáticamente son:

el *mensaje* a transmitir → la *codificación* del *mensaje* mediante símbolos en una señal → un *emisor* que transmita la señal con el *mensaje* incorporado → un *canal* que transporte la señal → un *receptor* y *decodificador* de la señal que recupere el *mensaje*.

Ejemplo: cuando hablamos las vibraciones de las cuerdas vocales generan una onda sonora en la que, al modularla en la cavidad bucal, es codificado el mensaje oral. La voz se propaga a través del aire y alcanza los oídos del destinatario. En el oído interno del mismo la onda sonora hace vibrar el sistema receptor auditivo que extrae el mensaje, el mismo es transportado al cerebro donde es interpretado.

Los elementos que componen el lenguaje oral son:

fonemas: son las unidades sonoras que dichas en sucesión forman los *monemas*.

monemas: las unidades que combinadas forman una palabra.

léxico: el conjunto de las palabras de un lenguaje incluyendo sus ramificaciones morfológicas.

sintaxis: la forma de combinar palabras para expresar una idea.

semántica: los significados de todos los elementos léxicos y las frases y oraciones formadas con ellos.

prosodia: la entonación al expresar las palabras oralmente, la que puede dotar de diferente sentido a lo dicho con las mismas palabras.

discurso/narración: la expresión oral/escrita de una sucesión de oraciones para contar un relato.

En las secciones 7.2; 7.3 y 7.5 profundizaremos en el tema.

La Gramática

Como el lenguaje surgió en el desenvolvimiento del hombre en el mundo, su estructura se desarrolló acorde con la descripción que los humanos hacemos de los objetos, sus relaciones y movimientos, ver la sección 7.5. En una descripción muy general es así:

Nombres: designan objetos / *Verbos*: describen acciones, movimientos / *Preposiciones*: describen relaciones espaciales entre las cosas / *Artículos*: precisan las cosas que reciben las acciones.

Como ejemplo consideremos la *oración*: 'Mario mira el vaso sobre la mesa'.

Nombres que aparecen en ella: el de una persona llamada 'Mario', y de los objetos 'vaso' y 'mesa'. Mario es el lo fundamental de lo que se expresa, el *sujeto*.

El *verbo* es mirar, en la tercera persona del singular: 'mira'. El mismo informa sobre la acción que realiza el *sujeto*.

Predicado: Es el que recibe la acción. En este caso informa sobre el objeto mirado: 'vaso', y dónde el mismo se encuentra: '*sobre la mesa*'. El *artículo* 'el' precisa qué vaso mira Mario. La *preposición* 'sobre' indica cómo está situado respecto al objeto 'mesa'.

Algunos de los aspectos sobre el lenguaje que se abordan aquí son: su surgimiento en nuestra especie, las zonas cerebrales que lo generan, su desarrollo relacionado al desarrollo cognitivo de la persona, algunas consideraciones psicológicas y filosóficas respecto al papel del lenguaje en la comprensión del mundo, cómo es él lo que nos define como *sapiens*, las explicaciones sobre el significado de las palabras (desde el punto de vista de la Semántica y desde sus orígenes en el mundo físico extendidos por las metáforas) en la comunicación humana, su relación con la Matemática y cómo la Ciencia lo utiliza al describir el mundo.

1.2 La Matemática

La cantidad de ramas de la Matemática actual es grande, y sigue creciendo, lo que es consecuencia de su evolución en sincronía con el desarrollo social y tecnológico de la humanidad.

Si bien los rudimentos de la Matemática (numerabilidad y operaciones aritméticas muy elementales) surgieron en la evolución biológica, y por tanto estuvieron presentes en nuestros predecesores, la misma se desarrolló por la necesidad práctica para servir en la sociedad (estadística poblacional, comercio, construcciones), y fue necesario ir la ampliando, tanto para apli-

carla en la técnica del mundo inmediato, como para explicar nuevas regiones del mundo que se hicieron accesibles con el desarrollo de nuevos instrumentos.

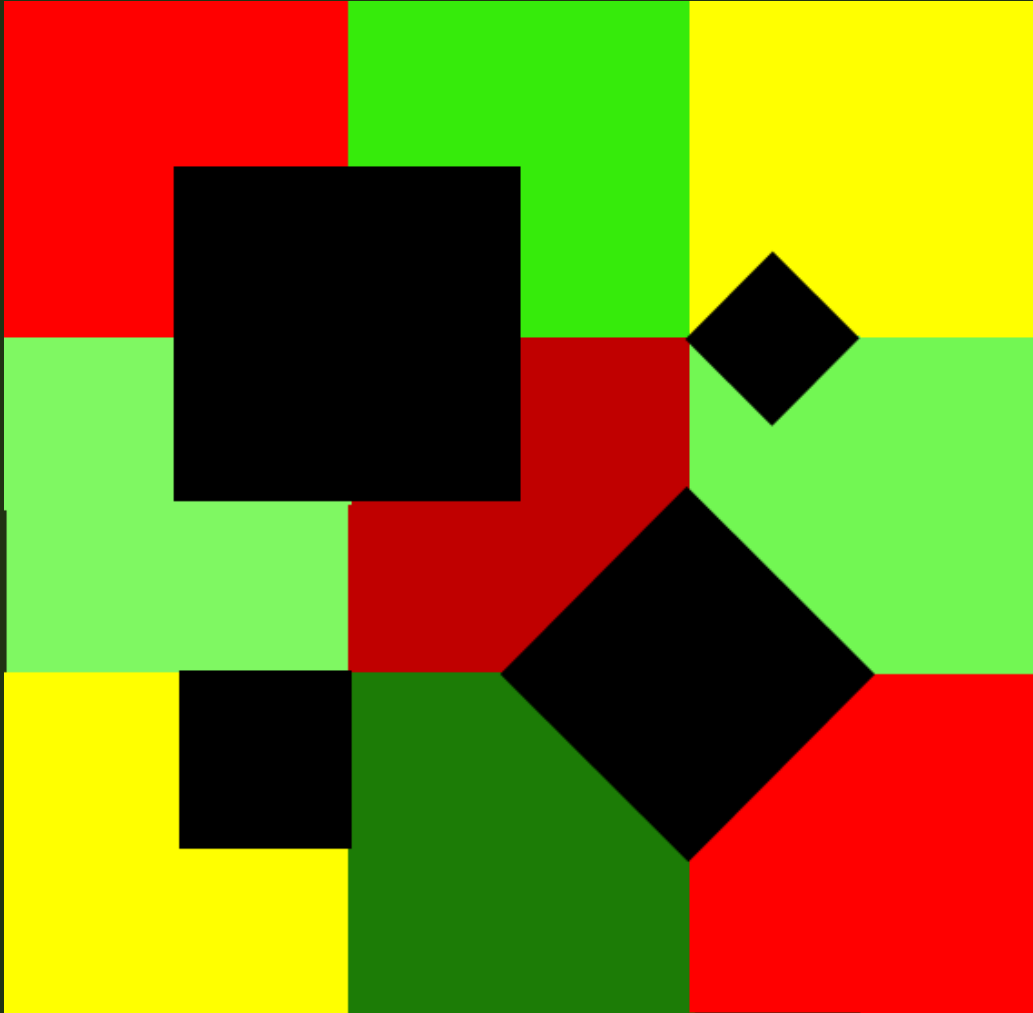
El pensamiento humano se basa en el lenguaje, por lo que el desarrollo de la Matemática se ha realizado con el apoyo del mismo. Cuando realizamos razonamientos matemáticos empleamos la lógica que también aplicamos en la vida diaria, si bien, adaptada para lograr precisión en las formulaciones. Con el objetivo de lo último los matemáticos han creado subsistemas lingüísticos específicos, con simbologías apropiadas para cada una de sus ramas.

En el desarrollo histórico de ese proceso se ve el escalamiento del nivel de abstracción del pensamiento humano. Los números y las operaciones simples con ellos, la Aritmética, surgió por necesidad en la distribución de bienes de consumo; rama donde se emplea el *abecedario aritmético* (los números 0 - 9) y reglas simples de operación, cómo: $3 + 4 = 9$. La Geometría fue necesaria en la construcción de edificios y la medición de terrenos, y con ello, la asignación de números a propiedades cómo el área y el volumen. En el Álgebra aparecen expresiones del tipo: $x + 3 = 8$ con símbolos para considerar cantidades desconocidas. En el Análisis Matemático el concepto de función, cómo: $f(x) = x^2 + 1$, permite describir matemáticamente cosas del mundo. La Lógica Matemática, con razonamientos del tipo: $x > y$, $y > z \rightarrow x > z$, funde lo lingüístico con lo simbólico y con el pensamiento algebraico; lo que permitió traducir la operatoria matemática a dispositivos electrónicos y ópticos, lo que hizo posible la construcción de ordenadores.

Por esa vía se ha creado no sólo nueva Matemática, sino que a través de la mezcla de esos dos sistemas simbólicos de comunicación y pensamiento el hombre ha comenzado a construir imitaciones de su cerebro y a penetrar en regiones del universo que en el pasado eran impensables.

Analizar esa fructífera relación es el objetivo principal de esta obra.

2. Cognición



El ser humano percibe los objetos y fenómenos del mundo, pero a la vez es parte de él. Conocemos de las cosas por las señales provenientes de ellas y por su interacción directa con nuestro cuerpo. El cerebro integra la información recibida en *estructuras mentales*.

Las *estructuras mentales* no sólo son resultado de la información que nos llega de los objetos, la sociedad y la cultura en que nos desarrollamos determinan en gran medida cómo comprendemos el mundo, en lo que el lenguaje juega un papel decisivo.

En la figura 2.1 se ilustra esquemáticamente cómo la información que recibimos la procesamos para responder a ella y almacenarla en la *memoria de largo tiempo*, o pasando por la *memoria operativa*.

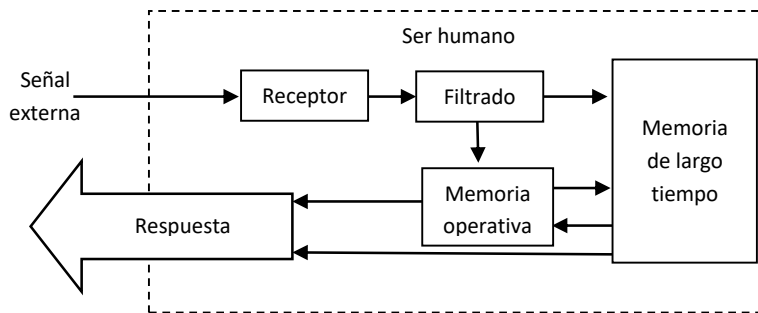


Fig. 2.1 El cerebro analiza la información recibida para responder a ella y almacenarla.

A. Damasio ha descrito el proceso en términos neurológicos:

(...) los circuitos neurales se basan en los cambios que ocurren en el cuerpo y el cerebro cuando un objeto interactúa con el primero. Las señales que los sensores corporales activados envían al cerebro crean circuitos neurales transitorios en las regiones sensorio-motoras que reciben la información de las distintas regiones corporales. Esa información transitoria es elaborada por un conjunto de circuitos cerebrales (...) para ser integrada en mapas mentales. (...) La creación de mapas mentales es una función necesaria para controlar los procesos vitales. (...) A un nivel primario la creación de un mapa mental da la posibilidad de percibir un objeto, su posición en el espacio o su movimiento en una dirección determinada. (...) cuando nuestros sentidos se valen de varios mapas mentales y todas sus variantes sensorias, nos formamos una perspec-

tiva plural del universo que existe fuera de nosotros y podemos reaccionar con precisión ante los objetos y sucesos de ese universo. Esos mapas almacenados en la memoria pueden ser usados posteriormente para que planeemos anticipadamente nuestras acciones y respondamos a situaciones con respuestas adecuadas [Damasio 2011] traducción del autor.

2.2 El mundo es real y nuestro cerebro lo modela

Las ideas que se desarrollan en esta obra están enmarcadas dentro del *realismo epistemológico evolucionista*. Con *realismo* se significa que nos hemos desarrollado en un medio que ha sido estable y bien estructurado durante largos periodos de tiempo, lo que ha permitido la adaptación de los organismos al mismo. El termino *evolución* significa que somos el resultado de un proceso que ha creado organismos de creciente grado de complejidad y que favorece a los mejor adaptados [Diéguez 2014].

Cuando se habla de entorno se refiere tanto al natural como al social. En el entorno natural, además de las cosas, hay especies vegetales y animales con las que compartimos el hábitat. El entorno social comprende a los otros seres humanos; y como ellos tienen las mismas necesidades y mecanismos de comprensión de las cosas que nosotros, son, o bien adecuados para establecer alianzas que faciliten nuestra supervivencia, o bien competidores y nos obligan a elaborar mejores tácticas para confrontarlos.

El *realismo epistemológico* asume que el mundo en que nos desenvolvemos es cognoscible; esto es, construimos *estructuras mentales* que nos permiten comprender e interaccionar con las cosas que son importantes para nuestra supervivencia. Vollmer lo resume así:

Nuestras estructuras cognitivas (...) encajan con las estructuras objetivas del mundo porque se originaron por adaptación al mismo. Y son parcialmente isomorfas con ese mundo porque de no ser así no habríamos podido sobrevivir [Vollmer 84].

El papel de la técnica y la Ciencia en nuestra comprensión del mundo

Nuestro sistema sensorial y características corporales se han desarrollado adaptados a un mundo extraordinariamente complicado del que percibimos sólo una parte. Con nuestras manos cogemos objetos de dimensiones comparables a las de nuestro cuerpo, con nuestras piernas nos desplazamos distancias desde los metros a los kilómetros, vemos objetos situados desde milímetros a kilómetros de nosotros, los colores que percibimos son una estrecha franja del espectro electromagnético, oímos ruidos en un intervalo limitado de frecuencias e intensidades. Pero los objetos del mundo son más ricos que lo que de ellos sabemos. Nuestra comprensión del mundo se corresponde con el nicho del mismo en que nos hemos desarrollado, que es solo una parte de él.

Hemos desarrollado el lenguaje en consonancia con el nicho del mundo en que nos movemos, y sus conceptos le dan estructura al mismo. Es decir detrás del nombre de un objeto está la integración de las propiedades del mismo que percibimos. Por ejemplo, la taza en la que tomamos café tiene una forma y color característicos, una consistencia que sentimos al cogerla, una función: beber en ella, y quizás otras características especiales. Todas esas cualidades están etiquetadas por conceptos lingüísticos, y lo que aprecio al mirarla es el conjunto de todas ellas integradas en la unidad conceptual 'mi taza'. Pero ese objeto tiene propiedades que no percibo y por tanto no son importantes en mi relación con él. Es por ello que debemos distinguir entre el *objeto real* que está 'allá afuera' y el *objeto mental* que es su representación en nuestro cerebro.



Fig. 2.2 Vemos una representación simbólica de los objetos que omite detalles de ellos.

El ser humano ha extendido su capacidad de percepción de las propieda-

des de las cosas mediante el uso de aparatos. Ellos amplifican nuestra percepción de forma que podemos apreciar nuevas características de los objetos. Por ejemplo, con un microscopio observamos detalles de su estructura a pequeña escala. A esos detalles los designamos con nombres. Designarlos lleva aparejada una exigencia: los nombres tienen que ver con las características funcionales de las cosas, y en esa escala de fenómenos rigen otras leyes que gobiernan el comportamiento de lo que allí sucede.

Eso sucedió en la Física cuando se logró penetrar en el mundo atómico. Para explicar ese mundo ultra microscópico hubo que desarrollar nuevas teorías y adaptar el lenguaje que desarrollamos en el mundo macroscópico a la explicación de lo que allí ocurren; y como el mismo no era apto para explicar los nuevos fenómenos, fue necesario usar a la Matemática para ello.

Pero comprender algo es poder explicarlo, y explicamos con el lenguaje, por lo que se transportaron conceptos del macromundo al micromundo, adaptándolos a lo que allí sucedía; entendiéndolos no en su acepción habitual sino de forma metafórica, o reuniendo en una explicación conceptos de significados contradictorios. Es el caso de la unión de los conceptos de *partícula* y *onda* para describir las partículas subatómicas, ver las secciones 8.4 y 8.5.

2.3 El desarrollo cognitivo

El concepto de conocimiento incluye no sólo a los procesos mentales superiores. La Psicología Cognitiva le da una interpretación más amplia, y considera que las conductas motoras y perceptivas de los niños pequeños, antes de que sean capaces de manejar símbolos, son manifestaciones de inteligencia.

En esta sección se describe el desarrollo cognitivo desde el punto de vista de la epistemología genética, esto es, la interpretación de Jean Piaget (1896-1980) del mismo, aceptada en sus aspectos fundamentales por la colectividad científica.

Según Piaget el desarrollo cognitivo es un proceso paulatino que comienza

desde el nacimiento, resultado del proceso de adaptación de un organismo a un medio complejo. En el mismo, el organismo selecciona e interpreta la información procedente del medio para crear *estructuras mentales* que la expliquen. Lo que se realiza mediante un proceso de asimilación usando el conocimiento previamente adquirido, pero a la vez el aparato mental se acomoda a la información recibida. En esos dos aspectos se manifiestan los conceptos de *asimilación* y de *acomodación* básicos en la explicación piagetiana:

Puede decirse que toda necesidad tiende: 1º a incorporar las cosas y las personas a la actividad propia del sujeto, y por tanto a 'asimilar' el mundo exterior a las estructuras ya construidas, y 2º a reajustar estas en función de las transformaciones experimentadas, y por tanto a 'acomodarlas' a los objetos externos. (...) toda la vida mental, (...) como la orgánica, tiende a asimilar progresivamente el medio ambiente (...) mediante estructuras, u órganos psíquicos, (...) la percepción y los movimientos elementales dan (...) acceso a los objetos próximos y en su estado momentáneo, y posteriormente la memoria y la inteligencia práctica permiten simultáneamente reconstruir su estado inmediatamente anterior y anticipar las próximas transformaciones. (...) La inteligencia lógica, bajo su forma de operaciones concretas y, en resumen, de deducción abstracta, da término a esa evolución convirtiendo al sujeto en dueño de los acontecimientos más lejanos, tanto en el espacio como en el tiempo [Piaget 1992].

Piaget centró la mayor atención al desarrollo cognitivo desde la niñez hasta la adolescencia, al que dividió en las siguientes etapas:

1ª infancia (0 – 2 años). La *etapa sensorio-motriz*. En ella el niño empieza a coordinar percepción y movimientos, así desarrolla capacidades básicas para interactuar con el entorno.

2ª infancia (2 – 6 años). La *etapa pre-operacional*. En ella se desarrolla el lenguaje y la relación del niño con otras personas, además de las de su entorno cercano.

3ª infancia (6 – 12 años). La *etapa de las operaciones concretas*. Aquí el niño razona sobre cosas y fenómenos mediante su acción directa sobre ellos; esto es, comprende lo que ve y manipula físicamente.