

# Ideas líquidas, sólidas y gaseosas: sus cambios de estado

*Liquid, solid and gaseous ideas: Your status changes*

Renzo Boccardo<sup>1</sup>

Recibido 5-4-2018 • Aprobado: 22-5-2018

**Cómo citar:** Boccardo, R. (2018). Ideas líquidas, sólidas y gaseosas: sus cambios de estado. *Ciencia y Educación*, 2(1), 11-23. Doi: <http://dx.doi.org/10.22206/cyed.2018.v2i1.pp11-23>

## Resumen

Este artículo busca una de esas múltiples aproximaciones al analizar y proponer la analogía de los cambios de fase de la materia, con los procesos asociados a la concepción de las ideas, desde su generación en la mente del individuo hasta su registro para su comunicación, partiendo de algunas de las propuestas sobre el pensamiento humano realizadas por Popper, Osborn y Wallas.

En general, las mejores soluciones se basan en combinaciones de ideas que resultan sencillas y elegantes. Llegar a estas soluciones no es de ninguna manera evidente, se requiere de procesos de pensamientos complejos que llevan tiempo y esfuerzo. Conociendo como es la manera en que estructuramos nuestro pensamiento, en la búsqueda de estas combinaciones de ideas, podremos mejorar y optimizar estos procesos. La propuesta se basa en la analogía de los estados o fases de la materia: sólido, líquido y gaseoso, con el pensamiento y la producción creativa de soluciones.

**Palabras clave:** ideas; cognición; creatividad; pensamiento; proceso de pensamiento.

## Summary

This article (paper) seeks one of those multiple approaches when analyzing and proposing the analogy of phase changes of matter with the processes associated to ideas conceptions, from its generation on the individual's mind to its register for communication. It is based on some of the proposals about on human thought made by Popper and Osborn, Graham and Wallas.

In general, the best solutions are based on simple and elegant ideas combinations. Reaching these solutions is by no means evident, it requires complex thought processes that take time and effort. By knowing the way we structure our thinking, in the search of these ideas combinations, we can improve and optimize these processes. The proposal is based on the analogy of the matter states or phases: solid, liquid and gas, with the thought and the creative production of solutions.

**Keywords:** ideas; cognition; creativity; thinking; thinking process.

---

1. Universidad Simón Bolívar (USB), Venezuela, [rboccardo@usb.ve](mailto:rboccardo@usb.ve)

## **Introducción**

La capacidad de crear es lo que nos distingue de los demás seres vivos; es lo que permite combinar los conocimientos de manera original y útil en la búsqueda de la inventiva y la innovación. Comprender mejor los procesos de pensamiento relacionados con esa producción creativa de ideas ayuda significativamente a resolver situaciones de manera novedosa y rentable, conduciendo a la creación de nuevos objetos y artefactos orientados a facilitar y mejorar la calidad de vida.

### **El cerebro como órgano**

Fue la interacción entre la evolución biológica, que dotó a la especie humana de cerebros muy capaces y complejos, y la evolución cultural lo que permitió recoger la herencia del aprendizaje previo para la supervivencia y el desarrollo material, favoreciendo el surgimiento de la humanización de la especie.

Los humanos actuales somos hijos de la eficacia biológica de nuestros antepasados y de sus cerebros progresivamente grandes y complejos, así como de la cooperación, la moralidad y la magia que cohesionaba a las tribus, de la vida social rica en empatía, alianzas, engaños, premios y castigos, pérdidas y ganancias (Acarín, 2002, p. 54).

Como órgano, el cerebro es el centro de control del movimiento, del sueño, del hambre, de la sed y de casi todas las actividades vitales necesarias para la supervivencia. Todas las emociones humanas, tales como el amor, el odio, el miedo, la ira, la alegría y la tristeza están controladas por el encéfalo. También, se encarga de recibir e interpretar las innumerables señales que le llegan desde el organismo y el exterior a través de los sentidos para su percepción.

El cerebro es solo una parte del Sistema Nervioso Central; este abarca el cerebelo, el bulbo raquídeo y la médula espinal. Aparte del Sistema Nervioso Central existe lo que se conoce como Sistema Nervioso Periférico, formado por todos los nervios que salen de las diferentes partes del Sistema Nervioso Central o que entran en él.

La neuroplasticidad en el desarrollo y la conmutación del cerebro hacen posible que la maduración del sistema se modifique y se ajuste con precisión a partir de la experiencia, lo que permite grandes oportunidades de adaptación al medio (Acarín, 2002, p. 189).

En otras palabras, las neuronas constantemente se conectan y desconectan, por lo que el cerebro de hoy no es el mismo de ayer y será diferente mañana. Constantemente están variando las redes neuronales con los aprendizajes y las experiencias nuevas, así como con la producción de nuevas combinaciones de datos elaborados, etc.

Los seres humanos, obtienen información sobre su entorno a través de varios receptores sensoriales. En el encéfalo, la información conseguida por dichos receptores se transforma en percepciones o en órdenes para el movimiento. Logros tan notables se consiguen solamente con la utilización de células nerviosas y con las conexiones que entre ellas se establecen (Kandel, Jessell & Schwartz, 1997, p. 396).

El científico Roger Sperry, del Instituto de Tecnología de California, ganador del Premio Nobel de Medicina en 1981, trabajó en la identificación de las funciones específicas de cada uno de los hemisferios cerebrales (derecho e izquierdo):

...en pacientes que habían sido sometidos, por razones terapéuticas, a una neurocirugía que consistió en seccionar las fibras comisurales del cuerpo calloso (fibras nerviosas que interconectan ambos hemisferios, ubicadas en el centro del cerebro). Estos pacientes son llamados personas con cerebro dividido. Sperry, tras sus hallazgos y otras conclusiones, ha dicho: cada uno de los dos hemisferios parece tener sus propias sensaciones, percepciones, pensamientos, sensibilidad y memoria. Al especificar las funciones propias de cada hemisferio, Sperry corroboró, integró y, en ciertos aspectos, completó hallazgos de extraordinarias implicaciones, al derivarse de una comprensión más amplia y precisa de la actividad intelectual humana. (Martínez Miguélez, 2001, p. 42)

Al respecto, Manes (2014) indica que “las funciones no están distribuidas uniformemente en el cerebro y que existe una especialización hemisférica, que cada

mitad del cerebro es experta en algunas funciones y tiene su propio y delimitado rol en la cognición”.

Desde el punto de vista motor, la corteza de un hemisferio cerebral controla la mano del lado contrario; de igual forma, las sensaciones de tacto de una mano son transmitidas a la corteza sensorial del hemisferio contralateral. Es decir, si la persona toma un objeto con la mano izquierda, las sensaciones que el objeto produce son transmitidas a la corteza sensorial del hemisferio derecho:

Con estas premisas, si al paciente se le proyecta la palabra “llave” en el campo izquierdo, la palabra se refleja en el hemisferio derecho. El sujeto puede buscar el objeto con la mano izquierda y encontrarlo (como dijimos, la mano izquierda está controlada por el hemisferio derecho y la derecha por el izquierdo). Pero si se le pregunta lo que hace, no tiene ni idea. O acepta su ignorancia, o intenta adivinar qué es el objeto buscado, y encontrado (...) El hemisferio derecho, realiza, pues, funciones inteligentes: lectura de una palabra, reconocimiento de objetos, búsqueda y encuentro mediante movimientos adecuados de la mano izquierda, pero el sujeto parlante no sabe nada de toda la operación. (Rubia, 2002, p. 221)

El hemisferio izquierdo, el lado consciente, realiza todas las funciones que requieren un pensamiento analítico;

...su modo de operar es lineal, sucesivo y secuencial en el tiempo, en el sentido de que va paso a paso; recibe la información dato a dato, la procesa en forma lógica, discursiva, causal y sistemática y razona verbal y matemáticamente, al estilo de una computadora donde toda “decisión” depende de la anterior; su modo de pensar le permite conocer una parte a la vez, no todas ni el todo; es predominantemente simbólico, abstracto y proposicional en su función, poseyendo una especialización y control casi completo de la expresión del habla, la escritura, la aritmética y el cálculo, con las capacidades verbales e ideativas, semánticas, sintácticas, lógicas y numéricas. (Martínez Miguélez, 2001, p. 43)

De manera complementaria, el hemisferio derecho, actuando de modo inconsciente,

...desarrolla todas las funciones que requieren un pensamiento o una visión intelectual sintética y simultánea de muchas cosas a la vez. Por ello, este hemisferio está dotado de un pensamiento intuitivo que es capaz de percepciones estructurales, sincréticas, geométricas, configuracionales o gestálticas, y puede comparar esquemas en forma no verbal, analógica, metafórica, alegórica e integral. Su manera de operar se debe, por consiguiente, a su capacidad de aprehensión estereognósica del todo, a su estilo de proceder en forma holista, compleja, no lineal, tácita, simultánea y acausal. Esto le permite orientarse en el espacio y lo habilita para el pensamiento y apreciación de formas espaciales, el reconocimiento de rostros, formas visuales e imágenes táctiles, la comprensión pictórica, la de estructuras musicales y, en general, de todo lo que requiere un pensamiento visual, imaginación o está ligado a la apreciación artística. (Martínez Miguélez, 2001, p. 43)

Ambos hemisferios cerebrales son complementarios, ninguno es más importante que el otro. Para la percepción, es necesaria la conexión existente entre ambos a través del cuerpo caloso, para contar con todas las interpretaciones posibles de los datos provenientes de los sentidos. El efecto *stropp* es un excelente ejemplo cuando se refiere a la interferencia entre los hemisferios cerebrales y nos permite observar que en todos los seres humanos no sucede igual.

Un ejemplo de integración entre las diferentes áreas especializadas del cerebro es el proceso de visión:

La vista es la percepción de distintos estímulos visuales a través de nuestros ojos. Los estímulos visuales en forma de haces de luz atraviesan el cristalino (la lente situada en el interior del ojo) y llegan a la retina, en la pared posterior del ojo. En la retina hay células nerviosas especializadas que convierten los estímulos visuales lumínicos en estímulos eléctricos. Estos últimos procedentes de la retina del ojo derecho y la del izquierdo viajan por los axones de los nervios

ópticos hacia el cerebro. Dentro del cerebro, la información llega primero a una zona concreta del tálamo (los núcleos geniculados laterales) para ser distribuida al córtex visual en la parte más posterior del cerebro (...) la información del ojo derecho llega al córtex visual del hemisferio izquierdo y al revés.

El córtex visual contiene áreas separadas para detectar el color, el movimiento o las formas de los objetos. En concreto se habla de seis áreas distintas: en V1 se recibe una inspección general del objeto que estamos viendo, en V2 una visión tridimensional de éste, en V3 la profundidad y la distancia del objeto, en V4 su color, en V5 el movimiento y en V6 se acaba de perfilar la posición exacta del objeto. Las distintas áreas reciben la información correspondiente y la envían al córtex de asociación visual, donde se asocia con información subjetiva y emocional para dar la percepción consciente final del objeto. Por ejemplo, si miramos un pastel de chocolate, una parte del córtex visual está percibiendo su forma tridimensional, otra su color y otra su posición, pero dependiendo de nuestro estado de ánimo, nuestra hambre o experiencias vividas previamente, el estímulo visual será interpretado como intención de comérselo o como malestar y náuseas. (Acarín, 2002, p. 401-402)

Al respecto, es pertinente notar que las memorias visuales se almacenan desde los lóbulos occipitales, teniendo esto mucho que ver con las memorias semánticas humanas.

En síntesis, en 1,4 kg de cerebro existen unos 100.000 millones ( $10^{11}$ ) de neuronas; cada una de ellas establece unas 1.000 conexiones simpáticas y puede recibir alrededor de 10.000 conexiones, lo que sugiere un número de  $10^{14}$  sinopsis, aproximadamente. Las comunicaciones entre células nerviosas se realizan según dos tipos de mecanismos básicos: uno de naturaleza eléctrica y otro de naturaleza química. Un potencial eléctrico es generado en el cuerpo de la neurona; este viaja a través de su axón y se liberan los neurotransmisores, que transmiten la información a las dendritas de las siguientes células de las redes neu-

ronales (Kandel, Jessell & Schwartz, 1997, pp. 199-200). Básicamente, ese es el mecanismo fisiológico de transmisión de la información entre las células nerviosas. Surge entonces la pregunta: ¿cómo la acción de potenciales eléctricos y moléculas inanimadas se convierte en pensamientos? La respuesta ha sido buscada incesantemente por numerosos científicos y filósofos de la humanidad.

### **La mente como elemento productor de los pensamientos**

Existen algunos modelos que buscan un acercamiento a la explicación de los procesos mentales, los procesos cognitivos, los pensamientos, los mecanismos de la percepción y la creatividad. A continuación, se describen las propuestas de Osborn, orientadas al estudio de la imaginación creadora, que conduciría a la propuesta de la heurística del *Brainstorming*. La segunda propuesta presentada corresponde a las ideas de Karl Popper, que esbozan la existencia de tres mundos; y la tercera trata de las fases de la producción creativa, propuesta inicialmente por Graham Wallas.

### **La imaginación creadora**

Alex Osborn, creador de la tormenta de ideas, comienza su libro, titulado *Imaginación aplicada, principios y procedimientos para pensar creando* (1997), destacando la importancia de la imaginación.

Desde el punto de vista funcional, nuestras capacidades mentales pueden condensarse en las cuatro siguientes:

1. Absorbente: la capacidad de observar y fijarse en las cosas.
2. De retención: la capacidad de recordar y repetir.
3. De razonamiento: la capacidad de analizar y juzgar.
4. De creación: la capacidad de intuir y generar ideas.

En la actualidad, la actividad de las tres primeras capacidades enumeradas puede ser desarrollada, has-

ta cierto grado, por cerebros electrónicos. La cuarta función, la de la generación de ideas, creemos que será siempre privativa del hombre...

Y es que el campo potencial de la imaginación es ilimitado. Julio Verne abandonaba muy rara vez la quietud de su hogar y, sin embargo, a lomos de su imaginación dio la vuelta al mundo, viajó 20.000 leguas bajo el mar y de la misma forma llegó a la luna (Osborn, 1997).

En la figura 1 se muestra la clasificación de la imaginación hecha por el referido autor.

La imaginación se puede dividir en dos grandes grupos:

Uno de ellos está constituido por las que se conducen por sí mismas, llevándonos en su seno algunas veces. El otro se forma con las clases que podemos dirigir, que podemos conducir, siempre y cuando lo queramos.

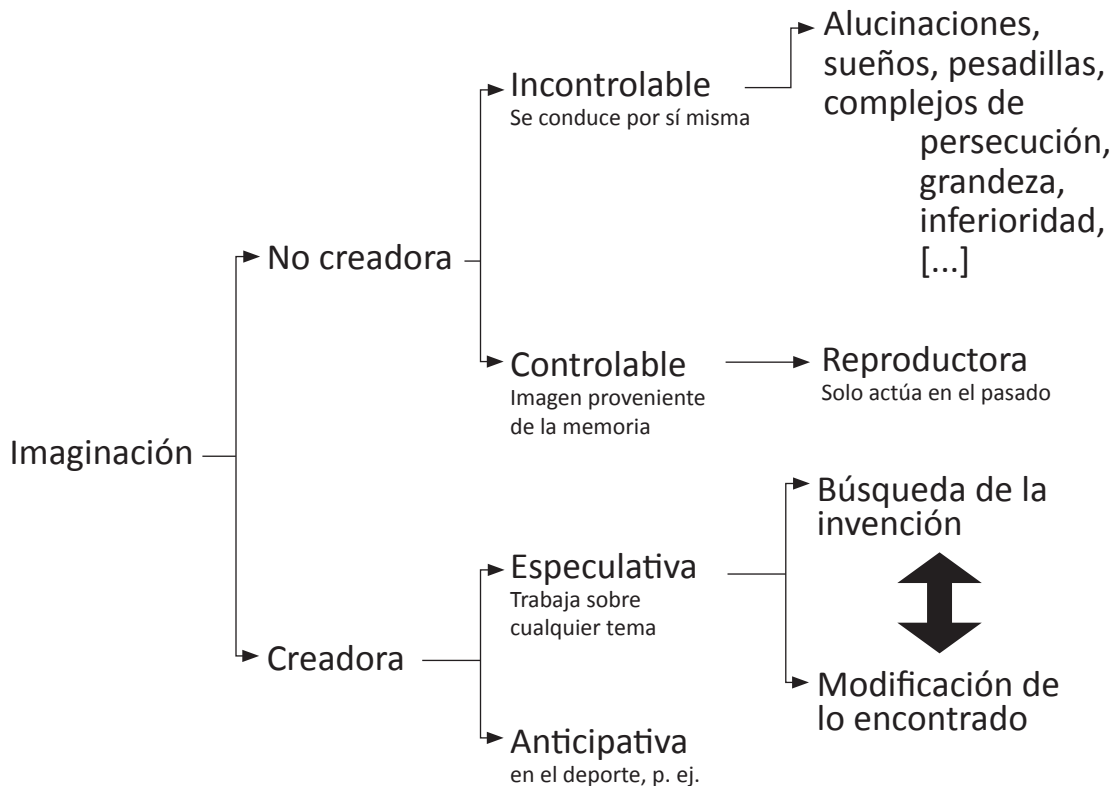
En el grupo de más difícil control están incluidas las formas malsanas, tales como alucinaciones, ilusio-

nes de grandeza, complejos de persecución, de inferioridad, y un sin número de enfermedades similares. (Osborn, 1997, pp. 47-48)

Está también la imaginación reproductora, “que sólo actúa en el pasado, y es la que nos hace posible traer imágenes de cosas ya vividas a nuestras mentes” (Osborn, 1997, p. 50).

La imaginación creadora comprende la anticipativa, que nos permite predecir determinadas cosas dependiendo de ciertos indicadores externos, por ejemplo, “la visión de un gato en actitud de dar un salto, cosa que nos haría pensar el lugar hacia donde éste saltaría” (Osborn, 1997, p. 53). Y en el grupo de la imaginación creadora también está la imaginación especulativa, que, por un lado, busca la invención y, por otro, modifica lo encontrado (Osborn, 1997, p. 53). En esta línea de pensamiento es la imaginación creadora y especulativa la encargada de producir soluciones creativas a los problemas.

**Figura 1: La imaginación**



Fuente: elaboración propia.

## Los mundos de Popper

Karl Popper, filósofo vienés (1902-1994), propone la existencia de tres mundos: el mundo 1 o mundo físico, compuesto por las realidades, las cosas palpables, un edificio, un libro, etc. El mundo 2, el mundo psicológico, comprendido por los procesos mentales subjetivos, conscientes e inconscientes, es decir, el mundo de las ideas; y el mundo 3, que es el mundo de las invenciones creativas del espíritu humano, las teorías y los descubrimientos.

Tomando uno de los ejemplos descritos por el autor:

...los libros pertenecen al mundo 1. Pero su contenido pertenece naturalmente al mundo 3: dos ediciones distintas de los Elementos de Euclides pertenecen ambas al mundo 1, en cuanto que son distintas; pero pertenecen al mundo 3 en la medida en que tienen el mismo contenido. (Popper, 1995, p. 88)

Ahora bien, cuando el libro de Popper fue pensado, estructurado, elaborado en el mundo 2, el mundo psicológico del autor.

Muchos objetos del Mundo 3 están incorporados a objetos del Mundo 1, tales como libros, nuevas medicinas sintéticas, computadoras o aviones. Todos ellos son artefactos materiales que pertenecen al Mundo 1 y al Mundo 3. La mayoría de las obras de arte son de este tipo. Algunos objetos del Mundo 3 existen únicamente de forma codificada, como las partituras musicales (quizás nunca interpretadas) o como los discos. Otros –poemas y teorías– pueden existir también como objetos del Mundo 2 en forma de recuerdos, quizás también codificados como huellas anémicas en ciertos cerebros humanos (Mundo 1), con los que perecen. (Eccles & Popper, 1982, p. 47)

...en la imaginación creadora, la mente autoconsciente está activamente ocupada en el intercambio Mundo 2 - Mundo 3, produciendo nuevos, completamente nuevos, conceptos, ideas, problemas, demostraciones o teorías. La imaginación creadora se ve llevada por la mente autoconsciente a vuelos de imaginación que, por supuesto, constituyen los mayores lo-

gos de la humanidad. Podemos mirar atrás, al pasado, y considerar los grandes vuelos de la imaginación, en toda la creatividad del arte, la ciencia, la literatura, la filosofía, la ética, etc., que ha hecho de la humanidad lo que es, confirmando nuestra civilización. Ahora, una vez más, atribuimos este logro a la mente autoconsciente, en primer lugar. Por supuesto, termina por desempeñarse a través del cerebro, codificándose allí, y expresándose como objeto del Mundo 3. No obstante, antes que nada, es la actividad de la mente autoconsciente. (Eccles & Popper, 1982, p. 619)

En la interacción entre el mundo 1, el mundo físico, y el mundo 2, el mundo psicológico, Popper enfrenta al problema mente-cuerpo: “es la cuestión de si nuestros procesos mentales en el mundo 2 están conexados con los procesos cerebrales en el mundo 1” (Popper, 1995, p. 89). Además, propone la:

...interacción psicofísica: El mundo 2 y el mundo 1 mantienen una interacción recíproca, de forma que al leer un libro o al escuchar una conferencia se producen procesos cerebrales que actúan en el mundo 2 de los pensamientos del lector o del oyente; y viceversa, si un matemático persigue una demostración, entonces actúa su mundo 2 en su cerebro y con ello en el mundo 1. (Popper, 1995, p. 89)

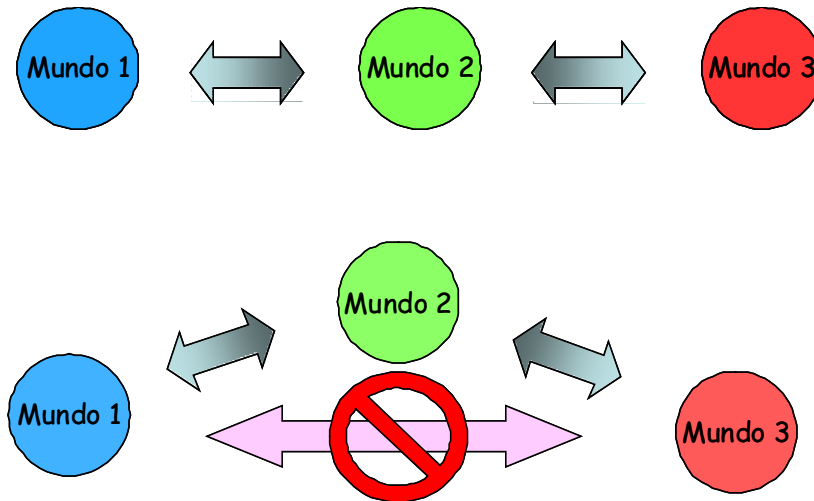
El mundo 3, el mundo de las creaciones humanas, es autónomo; es decir, existe independientemente de la existencia de sus creadores, es real, dado que es posible actuar sobre él, y él puede actuar sobre nosotros, y debido a que es un producto humano se produce por “un toma y daca, una especie de efecto de retroalimentación” (Popper, 1997, p. 93), entre el mundo 2 y el mundo 3. La figura 2, en su parte superior, ilustra de manera esquemática las posibles interacciones entre los mundos 1 y 2, y entre los mundos 2 y 3.

Con respecto a las posibles interacciones entre los mundos 1 y 3, el autor indica que:

...la comprensión del problema y el intento de resolverlo constituyen una actividad de la consciencia, de la mente humana; y esta actividad también está creada claramente por el problema, por la existencia del problema. Una



**Figura 2: Interacciones entre los mundos 1, 2 y 3 de Popper**



Fuente: elaboración propia, (Eccles & Popper, 1982)

solución del problema puede dar lugar a una publicación; y de ahí que el problema abstracto del mundo 3 puede dar lugar (mediante el mundo 2) a que se pongan en marcha las imprentas más pesadas...

Por supuesto la consciencia, el mundo 2, desempeña el principal papel en las cadenas causales que llevan desde el problema abstracto al mundo 1. Por cuanto puedo ver, la parte abstracta del mundo 3, el mundo de los contenidos abstractos y no físicos, es decir el mundo 3 real y específico, nunca ha ejercido hasta ahora una influencia directa sobre el mundo 1; ni siquiera con la ayuda de los ordenadores. El enlace siempre se crea mediante la consciencia, mediante el mundo 2. (Popper, 1994, p. 45)

La figura 2, en su parte inferior, muestra la intermediación del mundo 2 en la interacción entre los mundos 1 y 3 de Popper.

En resumen:

...es la interacción entre el mundo 1 con el mundo 2 y el mundo 3 lo que puede considerarse como la configuración de la realidad; la interacción, que consiste en múltiples mecanismos de feedback, y en la cual actuamos utilizando el método de ensayo y error. Es de-

cir, intervenimos de forma consciente en esta espiral de mecanismos de feedback. Nosotros –la mente humana, nuestros sueños, nuestros objetivos– somos el creador de la labor, del producto, y al mismo tiempo somos configurados por nuestra labor. Este es de hecho el elemento creador de la humanidad: el hecho de que nosotros, en el acto de crear, al mismo tiempo nos transformamos a nosotros mismos mediante nuestra labor. La configuración de la realidad es por tanto labor nuestra; un proceso que no puede comprenderse sin intentar comprender sus tres aspectos, estos tres mundos; y sin intentar comprender la forma en que los tres mundos interactúan entre sí. Esta espiral de interacciones o mecanismos de feedback está influida por nuestras teorías en proceso de creación y por nuestros sueños...

Ésta es la espiral del mecanismo de feedback; y en ella el mundo 2 de los investigadores e inventores también desempeña un gran papel. Pero incluso más importantes son los problemas emergentes y sobre todo el mundo 3, que tiene un efecto constante de feedback sobre el mundo 2. Nuestros sueños están corregidos constantemente por medio del

mundo 3, hasta que un día finalmente pueden realizarse. (Popper, 1994, p. 45)

### **Las cuatro fases de la producción creativa**

Graham Wallas (1926) propone en su libro *The art of Thought* un modelo descriptivo del proceso de pensamiento dividido en cuatro fases o etapas. A pesar de haber sido propuesto a principios del siglo XX, sigue siendo ampliamente difundido y aceptado, prácticamente sin cambios mayores (Christensen, 2002, p. 24).

Según Wallas, la primera de las etapas es la preparación. En esta etapa se produce un trabajo consciente y deliberado para recaudar la información necesaria y se realizan combinaciones de ideas con la intención de resolver el problema.

...es el momento en que te sumerges en el problema, en busca de cualquier información que pueda ser relevante (...) La idea es reunir una amplia gama de datos. (...) En esta etapa es de crucial importancia ser receptivo, poder escuchar abiertamente y bien. (Goleman, Kaufman & Ray, 2000, p. 26)

La segunda etapa es la de incubación; en ella, el trabajo no se ejecuta de manera consciente, se realiza mientras dormimos, descansamos o hacemos otras cosas. Durante esta etapa es posible realizar una gran cantidad de combinaciones no ejecutadas en la etapa anterior, "...en el inconsciente no existen juicios de autocensura; allí las ideas son libres de recombinarse con otras en esquemas nuevos y asociaciones impredecibles, en una suerte de promiscua fluidez" (Christensen, 2002, p. 24). Durante la primera etapa, la de preparación, el trabajo con las ideas es lineal, generalmente siguiendo una dirección predecible o familiar, salen a relucir las ideas más lógicas o las más comunes; en la etapa de incubación las ideas se combinan de forma aleatoria, las verdaderamente inaplicables desaparecen, perdiendo solo las combinaciones vigorosas que serán organizadas y emergen al consciente en la siguiente etapa del proceso creativo (Boccardo, 2006, p. 29). La duración de esta etapa es sumamente variable y

dependerá de la persona y de la naturaleza del problema, entre otros posibles factores, "...puede ir de unas horas a varias semanas e incluso más" (Csikszentmihalyi, 1998, p. 125).

La tercera etapa es conocida como iluminación y es descrita como un súbito despertar de la solución, debido a que es la entrega organizada del trabajo hecho durante la etapa de incubación. La iluminación puede ocurrir en cualquier momento del día, acontece cuando no se está pensando conscientemente en el problema, algunos autores la describen como la "experiencia del ajá" (Csikszentmihalyi, 1998, p. 130; Weisberg, 1989, p. 27). La iluminación "...tiene lugar, presumiblemente, cuando una conexión inconsciente entre ideas encaja tan bien que se ve forzada a salir a la consciencia" (Csikszentmihalyi, 1998, p. 131).

Muchos son los casos particulares descritos o relatados por diferentes autores, entre los que destacan el caso de Arquímedes, al gritar "¡Eureka!", luego de resolver el problema de la medición del volumen de la corona del rey; problema que, según se describe, intentaba resolver desde hacía algún tiempo (Csikszentmihalyi, 1998, p. 104; Perkins, 2003, p. 18; Roberts, 1995, p. 3; Roberts, 1989, p. 1; Boden, 1994, p. 33). También, el caso de Kekulé con el descubrimiento de la estructura de la molécula del Benceno, y con ello la puerta a la química aromática, al imaginarse una serpiente que mordía su cola mientras descansaba en su sillón frente a la chimenea (Boden, 1994, p. 33; Goleman, Kaufman & Ray, 2000, p. 33; Csikszentmihalyi, 1998, p. 127; Weisberg, 1989, p. 43; Roberts, 1989, p. 75); además, los relatos de los procesos de creación del matemático Poincaré, que cuando subía a un autobús durante sus vacaciones le sobrevino la solución que buscaba desde hacía algún tiempo, relacionada con las "funciones fuchsianas" (Weisberg, 1989, p. 22; Boden, 1994, p. 38; Martínez Miguélez, 1993, p. 7), por citar solo tres de los muchos ejemplos cuyos relatos han sido registrados en la bibliografía.

Y, finalmente, la cuarta etapa descrita por Wallas es la verificación, trabajo nuevamente del consciente en el cual se revisa y se constata la solución provista en la etapa de iluminación y se comprueba que las



conexiones hechas durante la incubación tienen sentido (Csikszentmihalyi, 1998, p. 131). Es la traducción de la idea, de un simple pensamiento, en realidad útil para la persona y transmisible a los demás (Goleman, Kaufman & Ray, 2000, p. 32). Durante esta etapa es necesario realizar cálculos, bosquejos, esquemas, dibujos o planos, dependiendo de la naturaleza del problema (Boccardo, 2006, p. 30; Christensen, 2002, p. 29).

Esta perspectiva lleva a la no linealidad, la recurrencia y la iteratividad del proceso creativo. El número de iteraciones por las que pasa dependerá de la profundidad y la naturaleza del problema planteado (Csikszentmihalyi, 1998, p. 105; Goleman, Kaufman & Ray, 2000, p. 32). Lo que resulta evidentemente necesario es “mucho trabajo duro de valoración y elaboración antes de que los destellos brillantes de la intuición puedan ser aceptados y aplicados” (Csikszentmihalyi, 1998, p. 169).

Toda la historia de los descubrimientos científicos, como la de las creaciones artísticas, está llena de anécdotas que hacen ver que el proceso creativo se da como “entre bastidores”, pero siempre después que la mente consciente ha luchado con el problema, lo ha intentado todo y lo deja, alejándose de él (Martínez Miguélez, 1993, p. 7). Es decir, es necesario cumplir completamente con la etapa inicial de preparación para que se pueda producir la incubación; es preciso el conocimiento exhaustivo acerca de la naturaleza del problema a resolver para que durante la etapa de incubación se establezcan las conexiones nuevas y necesarias que conducirán a la iluminación y a la verificación.

De las cuatro etapas descritas anteriormente, la incubación resulta la menos entendida y la más estudiada. Paradójicamente, estamos más abiertos a la inventiva del inconsciente en aquellos momentos en que no pensamos en nada en particular. Es por eso que “soñar despiertos” es tan útil en la búsqueda de la creatividad, “...uno necesita relajarse en un sillón o subir al auto sin encender la radio (...) y permitir, simplemente, que la mente sueñe despierta” (Goleman, Kaufman & Ray, 2000, p. 30). Durante la incubación no se ejecuta esfuerzo alguno a nivel consciente; por el contrario, la mente consciente des-

cansa y el trabajo lo ejecuta la parte no consciente. Lo paradójico de esto es que luego de una incubación exitosa se tiene la solución buscada, aparentemente sin demanda alguna de trabajo.

Otra de las interrogantes planteadas acerca del funcionamiento del proceso creativo es ¿cómo la mente consigue respuestas entre un número astronómico de posibilidades? Y, una vez que se consigue la respuesta correcta, ¿cómo el conocimiento individual sabe que esa es la respuesta apropiada? Las respuestas directas a estas preguntas son imposibles, pero estas preguntas permiten ampliar el campo. Al respecto, Weisberg señala que:

El inconsciente ensaya y desecha muchas combinaciones sin valor; las combinaciones de las que llegamos a apercibirnos son aquellas que apelan a nuestro sentido estético, a nuestro sentido de la belleza. Por consiguiente, la heurística, la invención creadora en las ciencias o en matemáticas, es similar a la creatividad artística. (Weisberg, 1989, p. 29)

En esta línea, Miguel Martínez Miguélez, plantea que:

...los procesos que actúan sobre conceptos e ideas pueden ser conscientes, preconscientes e inconscientes. Los procesos conscientes presentan gran rigidez, debido a su carácter analítico, lógico y discursivo, y al uso controlado y preciso de conceptos y símbolos. Los procesos inconscientes son aún más rígidos, debido a que son pulsiones y conflictos alejados de la realidad, inaccesibles a un examen consciente y a la influencia correctora de la experiencia. Los procesos preconscientes se caracterizan por su alto grado de libertad; tienen a su alcance un muy extenso radio de información y la fluidez y flexibilidad para reunir, comparar, asociar y sintetizar nuevas ideas. Estos procesos quedan poco afectados por las restricciones prosaicas y literales del lenguaje consciente, por ello, utilizan ampliamente la analogía, la metáfora, la alegoría y todo tipo de imaginación figurativa. (Martínez Miguélez, 2001, p. 70)

Se requiere una gran dosis de confianza en sí mismo, así como también valentía para correr el riesgo

y dejarle el control, luego de obtener la información necesaria, a la parte no consciente del cerebro, a fin de lograr establecer mayor número de combinaciones, de las cuales emerge la solución, clasificada y ordenada, al consciente en etapa de iluminación. Y es que “Cuando confiamos en nuestra intuición, en verdad recurrimos a la sabiduría del inconsciente” (Goleman, Kaufman & Ray, 2000, p. 29).

### **Un nuevo enfoque, ideas líquidas, sólidas y gaseosas: sus cambios de fase**

Tal como se mencionó anteriormente, Karl Popper plantea en su modelo la existencia de tres mundos: el mundo físico, el mundo psicológico o el de las ideas y el mundo de las creaciones humanas; Graham Wallas propone las cuatro fases de la solución creativa: preparación, incubación, iluminación y verificación; por su parte, Alex Osborn describe y clasifica la imaginación, indicando que es la imaginación creadora y especulativa la encargada de la búsqueda de la invención y la modificación de lo encontrado, es decir, la herramienta del pensamiento para crear nuevas soluciones, nuevos productos, nuevos procesos.

A continuación, se propone un enfoque orientado a integrar estas tres visiones del proceso creativo. El enfoque planteado de ninguna manera busca ser predictivo; por el contrario, la intención es meramente descriptiva, a fin de contar con un mecanismo orientado a la comprensión del proceso creativo.

La búsqueda de la solución a un problema se puede entender como la concepción de una idea y su respectivo procesamiento en el mundo psicológico o mundo de las ideas, y la transición al mundo de las creaciones humanas, propuestos por Popper, en el que se representa en forma de bosquejos, planos, modelos, etc., para luego consolidarse en objetos pertenecientes al mundo físico.

En esta línea, las ideas como soluciones para resolver problemas se originan en la mente de la persona, en la imaginación creadora y especulativa que describe Osborn. Estas ideas crecen, se perfeccionan y se fortalecen en el mundo 2: el mundo psicológico. En estas etapas tempranas las ideas son moldeables, dú-

tiles, fácilmente cambiables o modificables. Se puede decir que son ideas “líquidas”, pues fácilmente adoptan cualquier forma en la imaginación del creador. Dependiendo de la persona, de sus capacidades mentales o imaginativas, de su capacidad de abstracción, de su práctica y su formación, podrá hacer diferentes modificaciones y construcciones mentales sobre la idea para perfeccionarla. Este proceso ocurre durante la fase de preparación que describe Wallas y, fundamentalmente, corresponde a un pensamiento consciente en el que las posibles soluciones interaccionan libremente, tal como lo hacen las moléculas de un líquido en un recipiente.

En numerosas ocasiones, dependiendo de la complejidad del problema que se intenta resolver, de la experiencia personal en el campo, entre otras cosas, es necesario valerse de bosquejos o frases escritas para ayudar a la memoria a evocar estos pensamientos y evitar perderlos. Será necesario entonces solidificarla un poco, esto es, plasmarla en papel, por ejemplo: dibujarla, bosquejarla o construir una maqueta o un modelo, una representación computacional o quizás un modelo matemático. Esto podría decirse que es una solidificación parcial de las ideas, que permite más y mejores combinaciones de ideas en nuestra mente al ayudar a los procesos mentales que tienen que ver con la memoria a corto y a largo plazo. De ahí que: «La tinta más pálida es mejor que la memoria más retentiva» (proverbio chino). Este paso comprende una transición del mundo 2 al mundo 3 de Popper, utilizando para esto objetos y/o herramientas pertenecientes al mundo 1. Pero el objeto o la idea final no llegan todavía en su totalidad a la realización física.

Durante este proceso de solidificación, las ideas pasan de la representación de su contenido a la mente del diseñador, es un ir y venir del mundo 2 al 3, del mundo de las ideas o mundo psicológico del creador al mundo de las creaciones humanas. Esto permite a la imaginación creadora tener más “espacio” para crear; es decir, al plasmar en papel parte del pensamiento es posible permitir a la imaginación que realice su proceso con mayor detalle en ideas específicas; de esta manera, los bosquejos, los dibujos, las maquetas o los modelos pasan a ser una ayuda a la ima-

ginación en su labor creadora y son utilizados como herramientas de la imaginación orientadas principalmente a la construcción creativa de soluciones de problemas complejos; en este sentido, se realiza una plasticidad neuronal.

Cuando la idea está suficientemente sólida, cuando están resueltos todos aquellos problemas colaterales generados durante este proceso de solidificación, la idea pasa a ser construida posiblemente como un objeto o artefacto, perteneciente al mundo 1, al mundo físico.

Es importante que el proceso se complete en todos sus pasos. Es necesario evitar el proceso de “solidificación” prematura de las ideas y permitir un transitar de las ideas, en forma libre y “líquida” por la mente del diseñador. Es preciso pensarlas, combinarlas, transformarlas, moldearlas mientras estén en ese estado. Al “solidificarlas” prematuramente se corre el riesgo de no contar con mejores ideas, sino con la primera. Una vez que la idea está plasmada, su evolución se basa simplemente en reacomodos, mientras que en su fase “líquida” los cambios son más notables. Es como escribir una carta en tinta: como resulta difícil enmendar un error hay que pensar y repensar las frases, su contenido, su orden, su pertinencia y su forma. Pero, si esta carta es escrita en un procesador de palabras de un ordenador, las ideas se plasman sin pensarlas mucho, pasan del mundo 2 al mundo 3 en poco tiempo, se solidifican rápidamente y el esfuerzo siguiente se basa en reacomodos dentro del mundo 3, sin hacer mucho énfasis en los procesos mentales pertenecientes al mundo 2, regalo de nuestros lóbulos frontales.

La solidificación prematura de las ideas, este tránsito apresurado entre el mundo 2 y el mundo 3 de Popper, de alguna manera obstaculiza el proceso creativo. Las herramientas tecnológicas deben verse siempre como instrumentos de apoyo y deben usarse en su justa medida. Las ideas necesitan tiempo para pensarse, necesitan de cierta “liquidez” que les permita evolucionar, cambiar, modificarse.

El cerebro humano mejora con el uso. El aprender a mantener por más tiempo las ideas en la fase líquida en la mente ejercita los procesos mentales propios del mundo 2 y los mejora. De esta manera, se evitan

correcciones posteriores en el tránsito final al mundo físico.

Si bien es cierto que cuando las ideas están en su “fase líquida”, dentro del mundo psicológico, de los procesos mentales descritos por Popper, se producen combinaciones novedosas o encuentros inesperados; es posible elevarles su “nivel energético” y llevarlas al estado gaseoso permitiendo al “no consciente” trabajar en el problema buscando un sinnúmero de combinaciones posible, “...en el inconsciente no existen juicios de autocensura; allí las ideas son libres de recombinarse con otras en esquemas nuevos y asociaciones impredecibles, en una suerte de promiscua fluidez” (Goleman et al., 2000).

En fase gaseosa, las moléculas poseen mayor libertad de acción, mayor movilidad, lo que permite que los encuentros entre ellas sean remotos. Lo mismo ocurre con los pensamientos en la fase de incubación descrita por Wallas. Los pensamientos siguen combinándose en esta fase con mayor libertad, aunque no se esté consciente de que esto ocurra. Las ideas y los pensamientos tienen la libertad de combinarse y disgregarse, de probar nuevas formas, nuevas estructuras en busca de una conjunción especial que permita dar con una nueva forma de hacer las cosas, con una nueva y útil manera de resolver el problema o satisfacer la necesidad planteada.

Según Wallas, en su modelo de las fases del proceso creativo, luego de la preparación, fase inicial, le sigue la etapa de incubación de las ideas; es en este período donde las ideas se recombinan en el inconsciente de forma abierta y sin restricciones. Las fases siguientes del modelo de Wallas son la iluminación, donde la solución es entregada de forma organizada al consciente, que finalmente en la etapa de verificación las registra, las solidifica al plasmarlas en el mundo físico propuesto por Popper.

Dependiendo de la naturaleza del problema, las ideas cambian de estado, se originan en su fase líquida; posiblemente será necesario una solidificación parcial para ayudar a los procesos mentales que tienen que ver con la memoria, pero se mantienen el tiempo suficiente en su fase líquida; en ocasiones, son evaporadas en busca de mayor número de combinaciones para luego volverse a condensar; y, finalmen-

te, cuando el proceso se completa se solidifican en ideas concretas, debidamente registradas y listas para llevarse a cabo. Estos procesos de transformación explicados desde ópticas diferentes requieren tiempo y dedicación.

### **Conclusiones**

Las creaciones humanas, en general, son de carácter evolutivo. Las nuevas ideas o maneras de “hacer las cosas”, los nuevos productos y procesos, se basan en la modificación de lo anterior. Es necesario tomar como punto de partida lo que se hizo anteriormente, es una búsqueda de antecedentes o del estado del arte en particular de lo que se esté intentando resolver o crear. Partiendo de allí y con el objeto de lograr una mejor manera de “hacer”, surge lo nuevo. Esas ideas novedosas y útiles, que podemos llamar creativas, surgen en el cerebro de una persona. El cerebro como órgano del pensamiento humano, como se mencionó anteriormente, está compuesto por redes de células interactuando entre ellas y dispuestas de tal forma que originan pensamientos. Fisiológicamente, se ha podido explicar cómo son esas interacciones sinápticas entre estas células, lo que no se ha podido explicar científicamente es cómo esas interacciones dan origen a pensamientos abstractos, con los cuales el hombre puede ser creativo. Yuval Noah Harari (2016) llama a esto Divinidad en la Especie Homo Deus.

Alex Obsborn clasifica la imaginación humana e indica que es la imaginación creadora –en particular, la especulativa– la orientada a la búsqueda de la invención y a la modificación de lo encontrado. Aporta en su libro *La imaginación aplicada, principios y procedimientos para pensar creando* las bases de la “tormenta de ideas” como una heurística del pensamiento ampliamente estudiada y utilizada en la actualidad. Karl Popper organiza y estructura el pensamiento en sus tres mundos y Graham Wallas propone las cuatro fases de la solución creativa de problemas. Cada uno de estos aportes están orientados a la comprensión de los mecanismos asociados a la producción de ideas, al igual que la propuesta expresada en este artículo al utilizar los estados o las fases de la materia: sólido,

líquido y gaseoso, como analogía para lograr una mejor comprensión del proceso de pensamiento en la creación de soluciones útiles y novedosas.

En un sólido no hay movimiento, las moléculas adoptan su posición cuando se solidifica el material. En un líquido hay movimiento y libertad de acción, de adaptarse a la forma del recipiente que lo contiene, pero existe fricción entre las moléculas, lo que se conoce como viscosidad. En los gases la viscosidad es menor y las moléculas poseen un nivel energético que les permite mayor libertad de acción. Las ideas y los pensamientos necesitan de esa libertad de acción, las soluciones creativas requieren de los encuentros de las ideas y los pensamientos de manera novedosa y eso solo es posible en la libertad de acción del estado gaseoso.

La producción de soluciones creativas, de soluciones útiles y novedosas requiere la solidificación adecuada de las ideas. Cuando este proceso se da en el tiempo y en las condiciones adecuadas, se obtienen cristales, que son disposiciones moleculares elegantes, energéticamente estables, con formas y estructuras estéticamente maravillosas. Recordemos que un diamante es simplemente átomos de carbono que han podido acomodarse en una red cristalina perfectamente organizada, según su mínimo estado de energía durante el proceso de solidificación; esto requiere de condiciones ambientales adecuadas y del tiempo que les permita a sus átomos llegar a tal configuración.

Asimismo, las soluciones creativas a problemas y situaciones determinadas pueden llegar a ser sencillas y elegantes, lo que requiere esfuerzo y tiempo; esto demanda tanto el trabajo dedicado y consciente de la preparación como el trabajo no consciente de la incubación.

### **Bibliografía**

- Acarín, N. (2002). *El Cerebro del Rey*. Barcelona: RBA Libros SA.
- Boccardo, R. (2006). *Creatividad en la ingeniería de diseño*. Caracas: Equinoccio.
- Boden, M. (1994). *La mente creativa, mitos y mecanismos*. Barcelona: Gedisa.

- Christensen, B. T. (2002). *The creative process and reality, an analysis of search and cognition in the creative process and a call for an ecological cognitive framework for creativity research*. Tesis doctoral. Dinamarca: University of Aarhus.
- Csikszentmihalyi, M. (1998). *Creatividad, el flujo y la psicología del descubrimiento y la invención*. Barcelona: Paidós.
- Eccles, J. & Popper, K. (1982). *El yo y su cerebro*. Barcelona: Labor.
- Goleman, D., Kaufman, P. & Ray, M. (2000). *El espíritu creativo*. Buenos Aires: Vergara.
- Harari, Y. N. (2016). *Homo Deus Brevi historia del mañana*. Barcelona: Debate.
- Kandel, E., Jessell, T. & Schwartz, J. (1997). *Neurociencia y conducta*. España: Prentice Hall.
- Manes, F. (2014). *Usar el cerebro*. Buenos Aires: Planeta.
- Martínez Miguélez, M. (1993). El proceso creador a la luz de la neurociencia. *Comportamiento*, 2(1), 3-22.
- Martínez Miguélez, M. (2001). *Comportamiento humano*. México: Trillas.
- Osborn, A. (1997). *La imaginación aplicada, principios y procedimientos para pensar creando*. Madrid: Velflex.
- Perkins, D. (2003). *La bañera de Arquímedes y otras historias del descubrimiento científico*. Barcelona: Paidós.
- Popper, K. (1995). *La responsabilidad de vivir juntos, escritos sobre política, historia y conocimiento*. Barcelona: Paidós.
- Popper, K. (1994). *En busca de un mundo mejor*. Barcelona: Paidós.
- Roberts, R. (1995). *Lucky Science*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Roberts, R. (1989). *Serendipity, Accidental Discovery in Science*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Rubia, F. (2002). *El cerebro nos engaña*. Madrid: Artes Gráficas Huertas S.A.
- Wallas, G. (1926). *The art of thought*. : J. Cape: London.
- Weisberg, R. (1989). *Creatividad, el genio y otros mitos*. Barcelona: Labor.