

ES NECESARIO INVESTIGAR E INNOVAR

SEARCH AND INNOVATION ARE BOTH NECESSARY

Recibido: 3/11/06

Aceptado: 27/11/06

Agustín Iturriaga Elorza

Dr. Ingeniero Industrial
Vicepresidente del Consejo
de Ingenieros Industriales
del País Vasco

RESUMEN

Es incuestionable la necesidad urgente de la investigación y de la innovación tecnológica para la supervivencia básica de la vida y del bienestar de la Sociedad. Se insiste en que la comunidad tenga fe en sus ideas y los desarrollos de los innovadores redundarán en beneficio público. Es una defensa esperanzada, junto con una exhortación de fe y compromiso ante un torrente interminable de ideas fundamentales y de mecanismos nuevos. Se hace hincapié en las circunstancias históricas que favorecen la innovación y las conexiones que se establecen. Las Matemáticas, por su grado de abstracción, trascienden cualquier campo de aplicación y pueden ser un poderoso órgano de invención e innovación. Las ideas, sin embargo, tan sólo son un elemento de la innovación fructífera.

Todavía se necesitan grandes innovaciones y cambios sociales, políticos y económicos para asegurar que las tecnologías existentes y futuras presten un gran servicio a la Humanidad.

Palabras clave: Investigación, innovación, causalidad, invención.

ABSTRACT

The urgent need for research and technological innovation is indisputable for the basic survival of life and the welfare of Society. It is essential that the community has faith in its idea and then innovator developments will result in public benefit. As well as a hopeful defence, it is also an exhortation of faith and commitment towards an endless torrent of fundamental ideas and new mechanisms. We must emphasize the importance of the historical circumstan-

ces which favour innovation and the connections which are established. Mathematics, because of its degree of abstraction, transcends any field of application and can be a powerful instrument of invention and innovation. However, ideas are only one element of fruitful innovation. Great innovations and social political and economic changes are still needed to ensure that existing and future technologies provide a great service to Humanity.

Key words: Research, innovation, causality, invention.

1.- LA INVENCIÓN ES NECESARIA

El propósito del presente artículo es hacer una justa valoración de los componentes individuales y culturales de la invención y el descubrimiento.

Para que tenga sentido el problema del equilibrio entre el individuo y el entorno, es necesario precisar más nuestra noción sobre la causalidad. Si el pasado es causa del futuro en su totalidad, debemos considerar mejor un mundo en el que pueda medirse la causalidad imperfecta.

El rígido recuerdo de la Física de **Newton** no hace mención alguna a la causalidad porque la técnica para valorar la causalidad consiste en dejar

libres uno o más factores. Lo que sucedió en el pasado ha influido en el pasado y lo hará en el futuro.

La tesis defendida en este artículo es que en el proceso de toda invención hay, por lo menos, cuatro momentos importantes según **Norbert Wiener** (1):

- Se debe pensar que, antes de que la idea original pueda registrarse en forma accesible, se cree un cambio en el clima intelectual. En esta etapa, la importancia del individuo es fundamental.

- El segundo elemento favorable para la invención es la existencia de técnicas y materiales apropiados. Más adelante veremos algunos ejemplos.

- Sin embargo, en la tercera etapa, antes de que una técnica pueda pasar del intelectual al obrero especializado, es necesario que estos tipos humanos, tan diferentes, se comuniquen entre sí dentro del sistema social al que pertenecen.

Parafraseando a **Platón**, los artesanos deben hacerse filósofos y los filósofos, artesanos. Precisamente en el periodo platónico de **Pericles** ocurrió todo lo contrario: **Pericles** revocó la vieja ley que concedía la ciudadanía a los artesanos altamente especializados. Las ciudades



griegas se empobrecieron y llegó la gran diáspora de los griegos cultos a Siracusa y Alejandría.

- Después de estas tres fases, (clima intelectual, clima técnico y clima social) hay que tener en cuenta que, antes de que las invenciones o las innovaciones estén a disposición de todos, hay que desarrollarlas.

Esto significa que debe haber alguien (un individuo o una empresa) que apoye y financie las invenciones o las innovaciones si se quiere cerrar el ciclo.

2. EL CLIMA INTELECTUAL Y LA INVENCION

Uno de los cambios menos predecibles tuvo lugar entre los antiguos hindúes. Se trata de la idea de servirse de la posición para facilitar la escritura de los grandes números y el uso del número 0. La escritura posicional permite representar el número trescientos cuarenta y cinco mediante 345: el 3 corresponde a las centenas (es decir, trescientos) el 4, a las decenas (cuarenta) y el cinco, las unidades (5). Este descubrimiento permitió la Aritmética sobre papel.

Otro caso más fue el estudio de los griegos relativo a las secciones cónicas que permitió a **Kepler** encontrar una respuesta firme sobre las órbitas escritas por los planetas.

En las obras de **Newton** hay que hacer una distinción entre, por un lado, el Cálculo y, por otro, sus estudios sobre la Dinámica y la gravitación. En cambio, respecto al Cálculo integral, hay que buscar sus raíces en Siracusa, donde **Arquímedes** fue el líder de un formidable cambio intelectual.

Por otro lado, la Estadística revela que en toda invención hay algo de apuesta y un gran descubrimiento tiene también una gran probabilidad su contra, que acompaña a la persona que pretende superarla. A través de sus obras, **Newton** hizo que sabios tales como **Pierre Simon Laplace** y **Joseph Louis Lagrange** volvieran los ojos al determinismo, mientras los sucesores de **Newton** **Taylor** y **M. Laurin** inventaban los desarrollos en serie. Otro gigante, **Jean Baptiste Fourier**, desarrolló las series tri-

gonométricas, capaces de representar mejor fenómenos con ciertas discontinuidades.

Hay varias formas de proceder que favorecen la invención. La más potente para reanimar la Ciencia con las Matemáticas consiste en poner sus preguntas y respuestas por escrito pero todavía es más importante emplear un lenguaje lógico muy preciso.

Con el Renacimiento creció la conciencia de que se abrían nuevas puertas así como otras antiguas. Los documentos científicos antiguos se refugiaron, a la caída de Bizancio, en Italia y eran accesibles a una civilización en crecimiento. La disponibilidad de personas disciplinadas en la Sociedad, acostumbradas al esfuerzo de la reflexión y al estudio prolongado fue el caldo de cultivo para crear una nueva Ciencia.

3.- EL CLIMA TECNOLÓGICO Y LA INVENCION

La limitación de la invención, por falta de materiales adecuados, aparece claramente cuando se estudian los apuntes y cuadernos de **Leonardo da Vinci**. En su tiempo, disponían de una tecnología basada en la madera y el cuero, y, aunque la fundición y la forja también eran conocidas y gozaban de gran aprecio, no eran por aquel entonces aptas para la producción de piezas mecánicas de precisión.

Por lo tanto, no extraña que **Leonardo** se empleara a fondo, una y cien veces, en el empleo de la madera y del cuero por ser más fáciles de trabajar. Visto ahora, si imaginamos los diseños de **Leonardo**, lo que vemos es una máquina endeble y ruidosa, que se moverá, eso sí, pero que, al poco tiempo, muchas de sus piezas quedarán desgastadas y medio rotas, y no servirán para nada.

También ha evolucionado la navegación a vela. Hemos olvidado la magnificencia y belleza de los veleros y su complicada Ingeniería. Sus mejoras duraron siglos y su desarrollo fue mucho más lento que la navegación.

Antes del siglo XVIII, la determinación de la latitud no era un problema. El pesado telescopio había evolu-

cionado para convertirse en el sextante pero la determinación de la longitud no fue tan sencilla y, a pesar de los premios que ofrecían las grandes potencias de entonces, no se encontraba un método adecuado para medirla. Las soluciones encontradas fueron numerosas pero las recomendadas fueron raquíticas. La solución fue el reloj de bolsillo, bien hecho.

El torno se había adaptado para el trabajo con precisión del latón, pero donde verdaderamente se invirtió más dinero fue en la fabricación de cañones y su torneado interior. La máquina de vapor de **Newcomen** era de una imperfección penosa, sólo trabajaba a bajas presiones y no servía para mucho. La máquina de **Watt** fue más lejos: el condensador estaba separado mientras que en la de **Newcomen**, el mismo compartimento servía de cilindro y de condensador.

Un país que tuvo gran importancia en la invención es China, a quien debemos los descubrimientos de la imprenta, el papel y la pólvora, con grandes adelantos en los textiles, en técnicas de fundición de bronce y en los métodos de perforación en la tierra. Con respecto a la invención de la imprenta y el papel, las consideramos en orden de prioridad equivocado dándole más importancia a la imprenta y poca al papel. A China le corresponde el honor del descubrimiento del papel, un material de uso universal, sin fibras, barato y abundante.

4.- EL CLIMA SOCIAL Y LA INVENCION

El siglo IV a.C. en Grecia fue uno de los períodos más fértiles que ha conocido este mundo en cuanto a ideas científicas básicas, pero, comparándolas con el florecimiento del Arte, el progreso tecnológico fue más bien modesto, al contrario del período helenístico tardío, que cuenta con nombres como:

- **Herón** a quien se le atribuyen los primeros autómatas.

- Las clepsidras y las bombas de agua.

- **Arquímedes** de Samos, el más grande de todos, fundador de la Hidrostática, las palancas, los polipastos y la espiral.

- **Euclides**, el fenómeno de la Geometría con sus inmortales *Elementos*.

- **Ptolomeo**, el astrónomo.

- **Eratóstenes** y las primeras mediciones del meridiano de la Tierra, etc.

El artesano de la época gloriosa de Atenas no era mucho más que un esclavo, un personaje marginal de la Sociedad. Aunque la situación del escultor era poco mejor, no despertaba el mismo interés que tenían los atenienses por el progreso técnico. Por el contrario, el filósofo ateniense era un prócer que se interesaba por la reflexión, pero era un hombre de manos delicadas. Esto llegó a su fin con la desaparición de las ciudades-Estado a raíz de las guerras del Peloponeso. La absorción de estas ciudades-Estado por **Alejandro Magno**, desencadenó la diáspora de muchos griegos a nuevas ciudades helenas como Alejandría, Siracusa, Pérgamo, etc., tal como ya se había producido antes en un tono mucho menor con Cretona y los pitagóricos.

Dando un gran paso en el tiempo, a finales del siglo XIX muchos científicos se jactaban de que las futuras generaciones de científicos no tendrían otra cosa que hacer que precisar más las constantes conocidas con tres o cuatro decimales más. Quienes hicieron estas previsiones pronto tuvieron que tragarse sus palabras. Un ejemplo: la comunicación transoceánica por *teléfono* antes de que la voz emitida dejara de oírse a causa de la atenuación, se había convertido en un incomprensible galimatías.

La capacidad del *cable transoceánico* era como unas gigantescas botellas de **Leyden** de una capacidad fabulosa y se necesitaba gran potencia para que se cargasen completamente. Fue la ignorancia de este hecho la que condujo al fracaso del primer cable transoceánico. Aunque **Lord Kelvin** consiguiera mejorar esta situación, fue un muerto de hambre, corto de talla, sordo e irritable ingeniero electricista llamado **Oliver Heaviside** quien expuso la necesidad de establecer un equilibrio entre cuatro magnitudes: la resistividad de la línea, las fugas a tierra, la capacidad electros-

tática y la reactancia. Nunca llegó a patentar su invento por litigios legales con sus competidores.

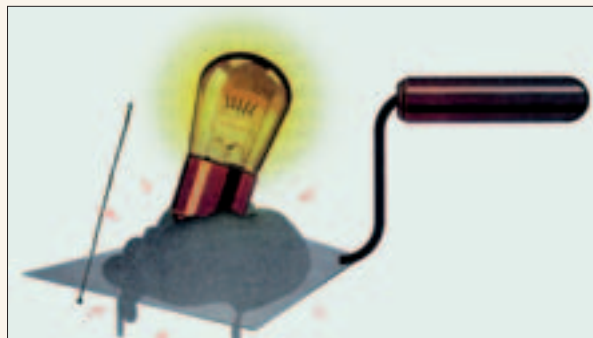
Otro caso parecido fue el del rey de las patentes, **Thomas Alva Edison**, con el amplificador de tubo de vacío, quien descubrió que, dentro de una ampolla de vidrio a la que se había hecho el vacío, se establecía una corriente eléctrica entre el filamento caliente y otro electrodo, fenómeno que no se producía en estado frío. Sus batallas legales y la demora de los juzgados hicieron que no pudiera patentar el invento, que pasó a ser de dominio público.

5.- EL ENTORNO SOCIAL Y LA INNOVACIÓN

Los grandes laboratorios actuales son propiedad o están contratados por los gobiernos de los Estados así como por los gobiernos regionales, están dedicados a una tarea específica y los especialistas están contratados por su competencia en campos limitados de los cuales no pueden salirse ni siquiera para satisfacer su propia curiosidad.

Por otro lado, el secretismo mantenido por tales organizaciones de puertas afuera y de puertas adentro es una cuestión de temor. Existe una técnica especial que sí puede aplicarse en grandes laboratorios pero dista mucho de los procedimientos usuales. Se trata de lo que se llama el *proceso inverso de la innovación*. En los casos de muchas etapas se dispone de nuevas herramientas materiales o intelectuales que obviamente están destinados a incrementar los poderes del investigador en uno u otro sentido.

Cuando se trata de nuevas herramientas, el que sean mal valoradas no constituye una excepción sino la regla. En los primeros días del motor eléctrico, el uso principal era como reserva de la máquina de vapor o de la turbina hidráulica. Cuando estas máquinas quedaban fuera de servicio por avería, se aprovechaba la gran inversión en ejes, poleas y correas, ac-



cionadas conjuntamente por un motor eléctrico. La única diferencia era que la energía eléctrica empleada había que pagarla a la Compañía suministradora en vez de utilizar el carbón o la energía hidráulica de un salto de agua.

Los ingenieros tardaron en darse cuenta de que esta manera de accionar las máquinas no era la más adecuada y el descubrimiento de que las máquinas podían ser accionadas por su propio motor fue una verdadera innovación. El lapso entre la primera electrificación de la industria y el motor fraccional fue de cuarenta o cincuenta años. Este ejemplo sirve para demostrar que la importancia social de la invención inversa es comparable a la directa.

Las máquinas podían ser ahora más limpias, ya no se producían salpicaduras de los aceites para engrasar los cojinetes de los ejes y la iluminación de los talleres no era más difícil que iluminar las oficinas. En última instancia, todo esto no respondía a una pregunta del tipo ¿cómo construirse tal factoría? sino a una cuestión más profunda: ¿Cuál es el modo más lógico de construir una fábrica teniendo en cuenta la disponibilidad del motor fraccionario?

La válvula de vacío, siendo también una invención inversa (que comenzó empleándose en la radio) ha acabado por conducirnos a los ordenadores y al control automático de procesos industriales. Es una invención cuya profundidad supera a la apreciada por sus primeros usuarios.

Hoy en día, la transferencia de energía, o la de señales de información, pueden hacer que una señal arbitrariamente débil sirva para regular el funcionamiento de un aparato trabajando con la potencia que se desee.

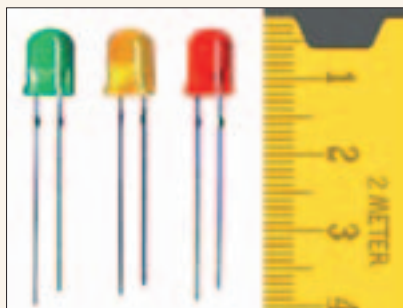
Podemos comprobar que haya ideas dentro de las mentes de los investigadores pero es necesario también que existan medios de comunicación adecuados. Por un lado, las revistas de difusión tecnológica y las Asociaciones de científicos e ingenieros han permitido que hombres de pensamiento afín se pongan en contacto y que sus ideas se multipliquen por fecundación cruzada. Por otro lado, la política de secretismo de algunas empresas no da demasiadas oportunidades a la innovación. Imaginemos lo que ha perdido la Humanidad por culpa del lenguaje críptico de **Leonardo da Vinci** en el que escribió sus famosas notas.

Ello no evita que admitamos que las invenciones sean completas en ciertos casos como, por ejemplo, la bomba atómica. Aquí, la historia de las ideas se remonta a principios del siglo XX.

El descubrimiento de la radiación de **Becquerel** y los trabajos de los **Curie** por un lado, y la identificación einsteniana de masa y energía sobre la base de un razonamiento abstracto, por otro, fueron la base remota para la construcción de la bomba atómica. Entonces no había ningún secreto y, sin embargo, para muchos científicos e ingenieros estaba claro que nos hallábamos en el umbral de una potente energía. Así se fue confirmando con los requerimientos de **Otto Hahn** y **Lise Meitner** en Berlín. Hoy en día, el secreto de la existencia de una invención en su etapa final, (en la que se hace comercialmente atractiva) es ya un secreto a voces.

6.- PERSPECTIVAS DE ALGUNAS TECNOLOGÍAS NUEVAS

Los avances en la **conversión de la palabra** en los ordenadores prometen ampliar el campo que emplean



los sintetizadores de voz. Se ha visto en los coches con navegador que, cuanto más sean las sílabas, más naturales suenan las palabras que si empleamos pocas. Aún así, la voz suena como si se tratara de un robot. Parece ser que de la forma en la que se pronuncian las palabras depende la de sus vecinas.

Otro asunto completamente distinto es la **Biotechnología**. La carne cultivada en botes, mejor que en forma directa de los animales, figurará pronto en los menús de los restaurantes. Puede que sea hasta más sana para la salud (hay varios proyectos como su empleo para fabricar salchichas y salsas) dadas las ventajas derivadas de estas investigaciones con mayor higiene al fabricarse en un ambiente estéril, ausente de bacterias.

En el aspecto de la energía, sigue estando en candelero el sueño de transformar los residuos urbanos en combustible. ¿Pero será la idea demasiado buena para ser verdad? Hay algunos que supercalentando la basura, usan la tecnología del plasma para romper las valencias de las moléculas y crear un gas de síntesis convertible en etanol o biodiésel.

7.- TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD (DOS EJEMPLOS)

Nuevos hormigones. El hormigón es el segundo material más empleado en la Tierra después del agua. Cada año se utiliza un metro cúbico de hormigón por persona. Los científicos e ingenieros tratan de cambiar algunas de sus propiedades para conseguir nuevos efectos. Por ejemplo, mezclado con fibras de carbono o de acero, se ha descubierto el hormigón conductor de electricidad. Un suelo de hormigón conductor puede revelar si alguien ha entrado en la casa, puede también utilizarse para calentar las pistas de aterrizaje en los aeropuertos y en determinados tramos de autopistas. *Grancrrete*, (como se conoce este invento para encapsular los residuos nucleares, puede servir también para ser proyectado sobre superficies o paneles de madera, poliestireno o incluso telas. No vamos a citar otras clases de hormigón bien conocidas



como son los hormigones superresistentes o la fabricación de tejas coloreadas a partir de vidrios de botellas convenientemente tratados.

Tecnología de la iluminación. El bulbo de luz eléctrica, un invento de hace 130 años, puede perder la partida ante el diodo emisor de luz de mayor rendimiento, para esta función. Ahora, con el desarrollo del diodo en los semiconductores emisores de luz (*Light Emitting Diod Semiconductors*) (LEDs), se han ido introduciendo en el mercado de la iluminación. Desde hace 40 años, cuando se inventaron, se usan en calentadores y relojes y algunas compañías han comenzado a venderlos para la iluminación de residencias. Los LEDs tienen muchas ventajas sobre las lámparas incandescentes: duran más, necesitan menos espacio y, lo más importante, son extremadamente eficientes. El primer LED que emitía en el espectro visible fue desarrollado por el ingeniero de **General Electric**, **Nick Holonjack**, en 1962.

Una lámpara de bulbo emite sólo el 5% de la energía que recibe. Actualmente los costes de los LEDs son más caros pero los expertos esperan que bajen, confían que en ocho años.



H. Poincaré

Esto cambiará por el alto rendimiento de los LEDS al bajar los precios. Se estima que el 20% de la electricidad generada en el mundo se utiliza en alumbrado. Algunos estudios realizados últimamente indican que los LEDS, pueden reducir este consumo a la mitad. Otra ventaja es que emiten luz monocromática y se pueden eliminar los rayos ultravioleta e infrarrojos, lo que también es interesante en la iluminación de obras de arte, sin la existencia de ondas dañinas.

8.- INSPIRACIÓN, INTUICIÓN DIRECTA Y ORIGINALIDAD

Intentaré hacer algunos comentarios sobre estos soplos ocasionales que conocemos como inspiración. En un librito precioso, *The Psychology of invention in the Mathematical Field* (Jacques Hademard), se citan numerosas experiencias de inspiración directa.

Una de las más conocidas la proporciona **Henry Poincaré*** (el último universalista) quien describe cómo tenía períodos de esfuerzo deliberado en su actividad inventiva.

Para él, crear consiste precisamente no en hacer combinaciones inútiles sino hacer las útiles, que, en realidad, son muy pocas. La invención es discernimiento, elección y su

primer trabajo sobre las que denominó *Funciones fuchsianas* se desarrolló en unos momentos en los que se encontraba en un callejón sin salida(*)

Lo describe así:

“Dejé Caen, en donde vivía, para participar en una excursión geológica organizada por la Escuela de Minas. Al llegar a Coutances, subimos a un autobús y en ese preciso momento, al poner el pie en el estribo, me vino la idea (sin que ninguno de mis pensamientos anteriores me hubiera preparado el camino) de que las transformaciones que había utilizado para definir las funciones fuchsianas eran idénticas a las de la Geometría no euclidiana. Continué hablando con los viajeros de otras cuestiones pero, a mi regreso a Caen, verifiqué el resultado detenidamente y me quedé muy tranquilo” (3).

Lo sorprendente de este caso es que la idea complicada y profunda le llegó a **Poincaré** en un soplo e iba acompañada por una sensación de certeza.

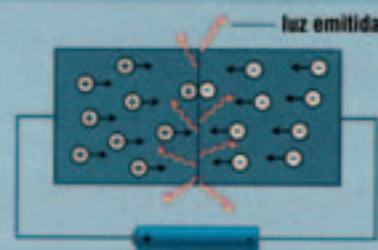
Una idea bella tiene mayor probabilidad de ser correcta que una fea. El gran matemático hindú **Chandra** comentaba al respecto: *“Es evidente que no puede tener lugar ningún descubrimiento o invención sin la voluntad de encontrarlo pero en el caso de Poincaré vemos algo más: que el sentido de la belleza desempeña su papel como un medio indispensable para encontrar. Así llegamos a una conclusión doble: uno, que la invención es elección y dos que esta elección está gobernada por el sentido de la belleza”*.

Otro caso de la llegada de una idea científica durante el sueño es el

COMO FUNCIONA UN LED



Un LED se basa en una combinación de dos materiales semiconductores, denominados tipo n y tipo p. El primero contiene un exceso de electrones cargados negativamente, mientras que el tipo p contiene un elevado número de “huecos” (*holes*) cargados positivamente, capaces de aceptar electrones. En el punto de unión de ambos elementos, los electrones se asocian con los huecos para formar una capa aislante sin carga que evita la emisión de corriente.



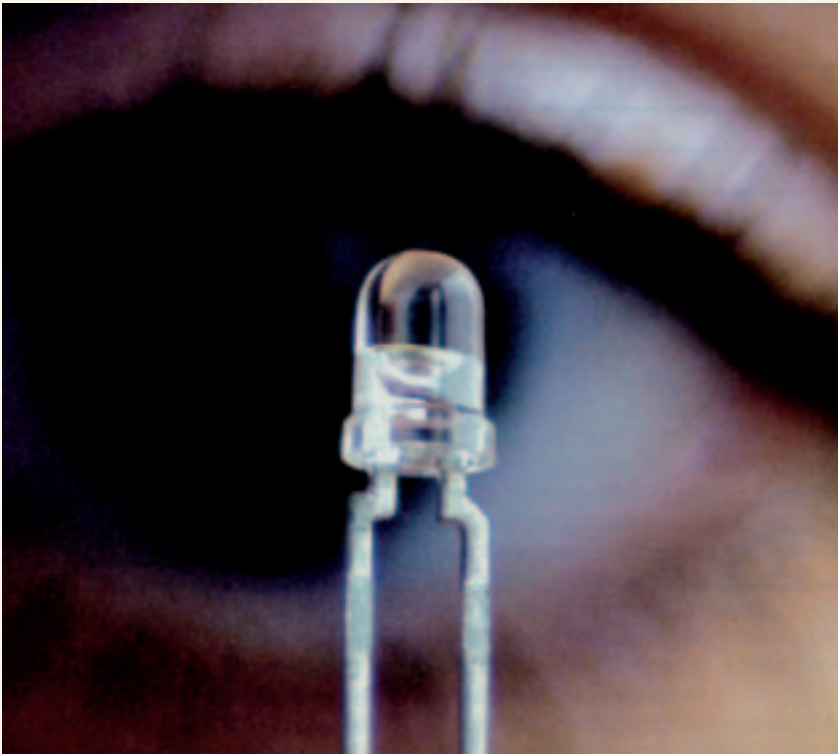
Aplicando una tensión, los electrones y los huecos se desplazan hacia la unión desde posiciones opuestas. Al asociarse los electrones y los huecos, cada electrón produce energía, que es emitida en forma de luz. Cambiando las propiedades de los materiales semiconductores, se puede determinar la energía suministrada por cada electrón y, por lo tanto, el color de la luz emitida.

del químico **Kekulé**, con su descubrimiento de la estructura del benceno.

Wolfgang Amadeus Mozart es otro ejemplo sorprendente, al que **Hadamard** define así:

“Cuando me siento bien y de buen humor, o cuando estoy dando un paseo en carruaje o a pie, tras una buena comida o por la noche no puedo dormir, las ideas se agolpan en mi mente tan fácilmente como desee ¿De dónde y cómo vienen? No lo sé y nada tengo que ver con ello. Guardo en mi mente las que me gustan y las tarareo. Al menos eso me han dicho que hago. Una vez que tengo mi tema, viene otra melodía ligada con

* Denominó así a las funciones transcendentales definidas por la condición de ser invariables cuando la variable sufre ciertas sustituciones. Estas sustituciones del tipo de $(a.z + b) / (a_1.z + b_1)$, siendo z la variable, con la condición de que $a.b_1 - b.a_1 = 1$, con a, b, a_1 y b_1 reales constituyen un grupo al que Poincaré llamó Grupo fuchsiano.



la primera, de acuerdo con las necesidades de una conjunción global, la parte de cada instrumento, y finalmente todos los aspectos melódicos dan lugar a la obra completa. Es entonces cuando mi alma arde de inspiración. La obra crece, sigo desarrollándola, concibiéndola cada vez con más claridad hasta que tengo que acabar en mi cabeza la composición entera por larga que pueda ser... Entonces mi mente la atrapa de la misma forma como una mirada de mi ojo atrapa una imagen bella o un joven apuesto. No viene a mí poco a poco, con las diversas partes trabajadas con detalles o medidas que se van haciendo sino que es en su totalidad como me permite oír las mi imaginación."

La globalidad del pensamiento es particularmente notable en esta cita de **Mozart**.

9.- LA NO VERBALIDAD DEL PENSAMIENTO

Una de las principales puntualizaciones que hace **Hadamard** en su estudio del pensamiento creativo es una refutación de la tesis de que la verbalización es necesaria para el pensamiento. Difícilmente podíamos hacer nada mejor que repetir la cita de la carta que recibió de **Albert Einstein**.

"La palabra 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 signos e imágenes más o menos claros, que pueden reproducirse y combinarse voluntariamente. Los elementos mencionados son, en mi caso, de tipo visual y muscular. Las palabras y otros signos convencionales tienen que buscarse laboriosamente sólo en una segunda etapa cuando el citado juego asociativo está suficiente establecido y puede reproducirse a voluntad".



Francis Galton

No menos interesante es el siguiente testimonio del eminente genetista **Francis Galton**.

"Es una desventaja para mí el hecho de que no pienso directamente en palabras como en otras formas. Me sucede que, después de hacer un trabajo duro y llegado a unos resultados, claros y satisfactorios para mí, cuando trato de expresarlos en el lenguaje siento que debo colocarme en un plano intelectual distinto. Tengo que traducir mis ideas en un lenguaje que no concuerde muy bien con ellas. Por esto pierdo mucho tiempo en buscar las palabras y fases



Jacques Hadamard

apropiadas y soy consciente, cuando tengo que improvisar; de ser muy oscuro por torpeza verbal pero no por falta de claridad de percepción. Este es uno de los pequeños fastidios de mi vida".

El propio **Hadamard** comenta: "Coincido con **Galton** incluso después de leer o escuchar una pregunta. Todas las palabras desaparecen en el preciso instante en el que empiezo a pensar sobre ello y es que, para mí las ideas mueren en el mismo momento que se encarnan en palabras".

10.- BIBLIOGRAFÍA

- 1.- WIENER, Norbert. *The care and feeding of ideas*. Tusquets Editions. 1996.
- 2.- POINCARÉ, Henry. *Ciencia y método*. Editorial Espasa. 1963.
- 3.- HADAMARD, Jacques. *The Psychology of invention in the mathematical field*. Princeton University Press. 1945. ■