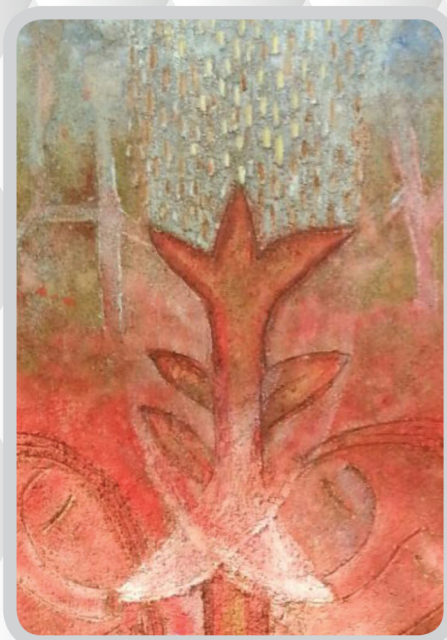




Colección Facultad de Medicina y Cirugía
UABJO

Una fusión dinámica entre ciencia y creatividad



Eduardo Lorenzo Pérez Campos
Rosa Aurora Chávez
Edgar Zenteno Galindo
Eduardo Pérez Campos Mayoral
Guilebaldo Cruz Cortés
Laura Pérez Campos Mayoral



Una fusión dinámica entre ciencia y creatividad



Una fusión dinámica entre ciencia y creatividad



Copyright© 2018

Facultad de Medicina y Cirugía

Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca

Carretera a San Felipe del Agua S/N, Col. Reforma,

CP 68040, Oaxaca de Juárez, Oax.

Todos los derechos reservados. Este libro está protegido por los derechos de autor. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en un sistema de recuperación o transmitida en forma alguna y por ningún medio electrónico o mecánico, incluyendo fotocopias, sin autorización previa del editor.

Primera edición, 2018

ISBN 978-607-9061-57-9

El contenido del libro es responsabilidad exclusiva del autor. El editor no se responsabiliza de ninguno de los conceptos transcritos por el autor y su aplicación queda a criterio de los lectores.

Edición e impresión: Corporativo Intermédica, S.A de C.V.

Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana

Registro No. 2860

Estuvieron al cuidado y edición de la obra:

Abelardo Rojas Flores / Coordinador editorial

Antonio Lemus Gamboa / Corrección de estilo

Gabriela Cabrera / Diseño editorial

Impreso en México / Printed in Mexico

Presentación

Distinguido lector:

La Facultad de Medicina y Cirugía de la UABJO, en su labor constante y permanente de reivindicar su grandeza, se mantiene fiel a su antecedente histórico inmediato; el Instituto de Ciencias y Artes, consciente de los tiempos actuales marcados por los avances tecnológicos y descubrimientos médicos, señala el camino al dejar una huella que trascienda las fronteras de las generaciones de egresados de esta centenaria institución.

La colección de libros que ahora presentamos recoge el quehacer de los profesores de la Facultad comprometidos con su entorno, incluyendo temas clínicos, de investigación y docencia, dirigidos a la comunidad estudiantil de nuestra Facultad en las licenciaturas, especialidades, maestrías y doctorados.

Cada obra está cuidadosamente estructurada con el propósito de que su lectura sea fácil y ágil, que permita la integración completa de conocimientos de cada área.

El compromiso de la Administración (2015-2018) es dar a la Facultad de Medicina y Cirugía de la UABJO la proyección académica que tiene en su campus, hacia la comunidad médica y estudiantil de la universidad y la población oaxaqueña.

Como una muestra más de la grandeza histórica de esta centenaria Facultad de Medicina, sirva la presente colección para mostrar su riqueza.

Comité Editorial

Doctor Guilebaldo Cruz Cortés
Director de la Facultad de Medicina y Cirugía,
Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca

Doctor Eduardo L. Pérez Campos
Coordinador de Posgrado
Facultad de Medicina y Cirugía,
Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca

Doctor Conrado Robles Vásquez
Coordinador Administrativo,
Facultad de Medicina y Cirugía,
Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca

Coordinadores

Eduardo Lorenzo Pérez Campos
Rosa Aurora Chávez
Edgar Zenteno Galindo
Eduardo Pérez Campos Mayoral
Laura Pérez Campos Mayoral
Guilebaldo Cruz Cortés

Autores

Abraham Majluf Cruz
Dr. en C. Unidad de Investigación Médica en Trombosis, Hemostasia
y Aterogénesis. Hospital General Regional No. 1 “Carlos McGregor
Sánchez Navarro”, Instituto Mexicano del Seguro Social, CDMX.

Alexis Martínez Barras
Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro.

Alma Dolores Pérez Santiago
Dra. en C. Jefa de la División de Estudios de Posgrado e Investigación,
Instituto Tecnológico de Oaxaca.

Araceli Hernández Flores
Facultad de Medicina y Cirugía, UABJO,
Oaxaca, Oaxaca, México.

Itandehui Belem Gallegos Velasco
Dra. en C. Profesor de posgrado.
Centro de investigación Facultad de Medicina, UNAM-UABJO

Carlos Romero Díaz

Doctorante, Doctorado en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico,
Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca.

Carlos Perezcampos Mayoral

M en D. Facultad de Derecho y Ciencias Sociales, UABJO, Oaxaca.

César Mayoral Figueroa

M en C. Colegio de Oaxaca, Oaxaca

Conrado Robles Vásquez

Médico Ginecólogo, Facultad de Medicina, UABJO, Oaxaca.

Charlotte Grundy

Traductora independiente.

Edgar Zenteno Galindo

Dr. en C. Coordinador del Programa de Maestría
y Doctorado en Ciencias Médicas, Odontológicas y de la Salud. UNAM.

Eduardo Lorenzo Pérez Campos.

Dr. en C. Coordinador de Posgrado
e Investigación, Facultad de Medicina y Cirugía UABJO-UNAM,
Unidad de Bioquímica e Inmunología,
Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca.

Eduardo Pérez Campos Mayoral,

Dr. en C. Coordinador de las Maestrías en Ciencias Forenses,
Facultad de Medicina y Cirugía, UABJO, Oaxaca.

Francisco Javier Reyna González

Licenciado en Informática.

Maestría en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico,
Instituto Tecnológico de Oaxaca.

Gabriel Mayoral Andrade

Dr. en C. Profesor Investigador, Facultad de Derecho y Ciencias Sociales,
Facultad de Medicina y Cirugía UABJO. Oaxaca.

Guilebaldo Cruz Cortés

Maestro en Ciencias Médicas y Biológicas,
UABJO. Director de la Facultad de Medicina y Cirugía,
UABJO. Miembro Honorífico, Sociedad Mexicana de Historia
y Filosofía de la Medicina.

Jhocelyn González González

Licenciada en Ciencias de la Educación, UABJO.

Adscrita al Instituto Estatal de Educación Pública de Oaxaca, Oaxaca..

Judith Arnaud Ríos

Doctorante, Doctorado en Ciencias en Desarrollo Regional
y Tecnológico, Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca.

Laura Pérez Campos Mayoral

Dra. en C. Coordinadora del Doctorado en Ciencias Médicas y Biológicas,
Centro de investigación Medicina UNAM-UABJO, Oaxaca, UABJO.

Margarito Martínez Cruz

Dr. en C. Profesor Investigador, Unidad de Bioquímica
e Inmunología ITO-UNAM.

Nashyiela Loa Zavala
Psiquiatra, psicoanalista,
Asociación Psicoanalítica Mexicana.

Pedro Antonio Hernández Cruz
Dr. en C. Profesor de posgrado,
Centro de investigación Medicina UNAM-UABJO, Oaxaca, UABJO.

Rosa Aurora Chávez
Dra. en C. Washington International Center for Creativity,
Washington DC, USA.

Ruth Martínez Cruz
Dra. en C. Coordinadora del Centro de Investigación
Facultad de Medicina, UNAM-UABJO.

Socorro Pina Canseco
Dra. en C.
Coordinadora de Seminarios y del Doctorado en Biociencias,
Facultad de Medicina, UABJO

Vicente Torres Zúñiga. Dr. en C
Académico de tiempo completo en la Licenciatura en Ciencia Forense,
Facultad de Medicina, UNAM.

Víctor Hugo Ojeda Meixueiro. I.T.I.T
(qué significa) Maestría en Ciencias en Desarrollo
Regional y Tecnológico, Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca.

Wendy Reyna González
Maestra en Ciencias en Desarrollo Regional
y Tecnológico, Instituto Tecnológico de Oaxaca.

Especialidad en Bioquímica. Certificación en Genética Médica,
Universidad de Valencia, España. Doctorante,
Doctorado en Ciencias Médicas y Biológicas,
Facultad de Medicina y Cirugía, UABJO, Oaxaca.

En memoria de

Dr. Félix Córdoba Alba (1926-2007)

Dr. Eduardo Pérez Ortega (1920-2017)

Índice

1. Neurobiología de la creatividad	25
2. Imágenes, incubación y más allá de la incubación	31
3. El pensamiento convergente y divergente en la ciencia	37
4. Encontrando la pregunta correcta y creativa de investigación	49
5. Repensando la construcción de hipótesis en la investigación científica	59
6. Estrategias y técnicas creativas en investigación	71
7. Creatividad y poiesis	87
8. Creatividad en biomedicina y biociencias	99
9. Un modelo creativo de investigación interdisciplinaria	113
10. Creatividad e innovación en ciencias forenses y seguridad	125
11. Creatividad en la Licenciatura en Ciencia Forense de la UNAM	141

Prólogo

El pensamiento es, por excelencia, una de las formas que los seres humanos poseen de interacción recíproca con la realidad (cultura-natura). La naturaleza determina mediante la evolución, las características esenciales del ser humano, quien transforma a su vez, el entorno circundante en su beneficio. En una sociedad dominada por la economía de mercado, la naturaleza es un bien sujeto a las leyes del mercado. Esta relación de dominio sobre la naturaleza no es propia de las economías de autoconsumo, en las que los individuos producen lo que requieren para subsistir y no para el intercambio como sucede en las economías de mercado. Por tanto, en la economía de autoconsumo, los seres humanos, conviven de manera armónica y respetuosa con el medio ambiente. Con la naturaleza humana ocurre algo similar. La esencia de la naturaleza humana es un bien de cambio que produce riqueza por el trabajo, pero además por el pensamiento.

En las sociedades desarrolladas, algunos hombres cultivan la tierra, otros confeccionan las prendas que nos visten, mientras que otros piensan. Los pensadores se han llamado de diferentes maneras a lo largo de la historia, pero siempre han sido exégetas del sistema dominante, hasta no hace mucho. A mediados del siglo XIX, una corriente de pensamiento postuló ideas radicalmente diferentes a las dominantes durante los últimos 15 mil años. La sociedad humana comenzaba así a cambiar sustancialmente, los pensadores empezaron a pensar. De esta manera, el pensamiento se convertía además de elemento de dominación, en una fuerza productiva.

El pensamiento, como proceso de reproducción de la realidad externa, mediante la transformación del entorno a través de los procesos nerviosos superiores, en realidad subjetividad del individuo es, esencialmente un proceso creativo. Uno de estos es el proceso de cognición, que en su conjunto se conoce como pensamiento. Se encuentra además relacionado con los

valores morales de la cultura en que se incubaba. A través de él, los individuos interpretan, recrean y transforman el mundo que les rodea. Crean e inventan otros mundos, otras realidades diferentes, pero a su vez iguales. Algunas veces mejores, otras veces al contrario. No todo el pensamiento creativo es justo, igualitario, bello y bondadoso. La producción de armas es un ejemplo de ello. Pero el desarrollo de los antibióticos o las vacunas, sí que lo fue. El arte y la poesía también lo es. El pensamiento produce riqueza y de esta forma adquiere valor de cambio.

Este proceso ocurre con frecuencia a través del lenguaje. Sin embargo, el pensamiento-lenguaje es tan sólo una de las formas de la actividad del cerebro humano. Existen otras formas de pensamiento, en donde los símbolos son formas, colores, sonidos. Un matemático prescinde del lenguaje común para pensar mediante símbolos y códigos rigurosos, que le permiten alejarse de esa cierta ambigüedad del lenguaje común. Y, sin embargo, los poetas se nutren de ella, de esta cierta ambigüedad universal del lenguaje. En las manos de un poeta, el lenguaje se convierte en un instrumento de posibilidades infinitas, extravagantes; hermosas catedrales hechas de la nada o de muy poco, pero que contiene el todo. Los músicos a su vez deben aprender, también, a expresar ideas y emociones en un idioma específico que desarrollan de manera ardua y dedicada, con el propósito de hacerse entender entre ellos y el público que los escucha. Por otra parte, el artista plástico debe reconocer las texturas de sus materiales, explorar las formas que su imaginación le dicta, y así desarrollar sobre esta base su propio universo-mundo, la creación *di novo* de la realidad y seguir el dictado de su propia emoción-razón de su imaginación.

Elementos importantes del pensamiento creativo son la libertad y la independencia intelectuales. Para crear un mundo nuevo a partir de la propia subjetividad, sobre la base de la previamente existente, es menester, sobre todo, no ser esclavo de las ideas de otro. Es decir, dudar racionalmente de lo que otros han expuesto. Jean Cocteau solía afirmar que “Tous les enfants

sont des poètes, sauf Minou Drouet” “Todos los niños son poetas, menos Minou Drouet”.¹

En efecto, de la misma manera que la libertad que tiene el infante de interpretar el mundo de manera libre y creativa, como un poeta, el científico elabora una imagen del mundo nueva y diferente a la vez, pero igual, con las mismas leyes lógicas o al menos parecidas, no siempre comprensibles desde el punto de vista del sentido común.

La interpretación de la realidad, de manera creativa del mundo en su máxima expresión es antítesis del pensamiento enajenado, del pensamiento para la no libertad y la no innovación. El pensamiento científico es creativo, se parece a la creación de arte y poesía. ¿Quién no se ha embelesado con la belleza de un diseño experimental o con la discusión de unos resultados que exponen con toda claridad algo en apariencia fría y oculta la realidad? Poesía pura, sin duda. El pensamiento creativo.

El pensamiento científico es en su sustancia, esencialmente similar al pensamiento creativo del artista. Además del rigor metodológico, que es parte del oficio del hombre de ciencia, la imaginación juega un papel importante en el proceso de la creación. La imaginación y la emoción del creador son parte del agua y de la arcilla que habrán de darle forma a esa parte de la realidad que empezará a funcionar en la mente del creador. Pregunten sino a Hans Adolf Krebs.

Esta obra reúne temas muy útiles para los estudiantes de posgrado, investigadores y personas interesadas en el quehacer de la investigación. Se abordan temas como incubación, pensamiento divergente, la pregunta y la hipótesis en investigación. En los diferentes capítulos se dan ejemplos, algunos poco

¹ García Marquez Gabriel. Tribuna: Cuentos de niños. El País, 2 Noviembre 1983. [https://elpais.com/diario/1983/11/02/opinion/436575606_850215.html]

conocidos pero muy significativos en el desarrollo de la humanidad, varios de ellos hicieron que a sus autores les otorgaran el premio Nóbel.

El libro fue coordinado por investigadores de las ciudades de Oaxaca, Ciudad de México y Washington DC en Estados Unidos. Me refiero a los doctores Eduardo Lorenzo PérezCampos, Rosa Aurora Chávez, Edgar Zenteno Galindo, Eduardo PérezCampos Mayoral, Guilebaldo Cruz Cortes, y Laura Pérez Campos Mayoral. Es el resultado conjunto de profesores de distintas entidades académicas y de servicio asistencial tal como Facultad de Medicina de la UABJO, UNAM, Instituto Tecnológico de Oaxaca, Instituto Mexicano del Seguro Social, Universidad Autónoma de Querétaro, Ciencias Forenses de la UNAM y del Washington International Center for Creativity.

Sin lugar a duda, esta obra se convertirá en referente para los investigadores y para todos aquellos que se inician en estas actividades. Cuando se trata de identificar las cualidades que debe poseer un investigador, una de ellas es la creatividad. Una pregunta en boga es cómo iniciarse en la investigación, para muchos es una actitud natural que incluye la curiosidad. El Dr. Félix Córdoba consideraba que hacer investigadores es una tarea sencilla: “invólucro a un grupo de jóvenes, póngalos en un laboratorio, deje los insumos necesarios y al cabo de un tiempo de manera natural serán investigadores”. Me complace en haber escrito este mensaje de bienvenida a “Una fusión dinámica entre ciencia y creatividad”. Es la creatividad una cualidad invaluable que se aprecia en los jóvenes investigadores, quienes se destacan por sus propuestas, generación de ideas y desarrollo del conocimiento nuevo.

Dr. Alfredo Saldívar González.
Dpto. Farmacología.
Facultad de Medicina, UNAM.

1. Neurobiología de la creatividad

Rosa Aurora Chávez

La creatividad es la capacidad humana que nos permite generar nuevas ideas y producir algo nuevo, ya sea material o conceptual, al adaptar o trascender lo ya existente. Cuando creamos, combinamos elementos que no estaban previamente relacionados, incluso elementos opuestos, en un mismo espacio y tiempo. La creatividad juega un rol esencial en la generación de cultura en todas sus modalidades, incluyendo el arte y la ciencia. El proceso creativo implica la integración de diversas funciones mentales, así como todos los componentes de la experiencia propia.¹ Comprender cómo ocurre la creatividad y qué procesos neuromentales están involucrados ha sido un reto a la creatividad de los científicos. Es a partir de las investigaciones de Francis Galton (primo de Darwin), que a la creatividad empieza a considerársele durante el siglo XIX como un rasgo biológico² relacionado con una fisiología particular. Y es hasta principios del siglo XXI que los científicos sostienen que una teoría completa de la creatividad requiere incluir fundamentos neurobiológicos.³

Excitabilidad neurobiológica

Se ha descubierto que los individuos altamente creativos reaccionan con más intensidad a los estímulos fisiológicos, tienden a habituarse a los estímulos con mayor lentitud y evalúan la respuesta a choques eléctricos como

¹ Chávez R A. *et al.* Neurobiología de la Creatividad: resultados preliminares de un estudio de activación cerebral. *Salud Mental*, 27, 38-45 2004.

² Galton, F., *Hereditary Genius. An inquiry into its laws and consequences.* McMillan and Co., New York. 1892.

³ Zeki S. Artistic Creativity and the Brain. *Science*. 293, 51-52. 2001.

más dolorosos.⁴ También se ha documentado que los individuos altamente creativos describen una mayor intensidad en la experiencia de estímulos sensoriales, intelectuales, imaginativos y emocionales y, en el caso de individuos más jóvenes, también los psicomotrices, lo cual se conoce como sobreexcitabilidad,⁵ a la cual se le ha considerado como un componente del potencial para el desarrollo creativo.

Regiones cerebrales con mayor activación relacionada con la creatividad

A partir de observaciones clínicas y teóricas, Arieti⁶ propuso que la creatividad se relaciona con el funcionamiento de la corteza temporo-occipitoparietal, debido a que estas regiones están vinculadas con procesos de asociación, síntesis y simbolización, manteniendo una importante conexión con áreas del sistema límbico; anticipó que ocurriría una asociación con las áreas correspondientes del hemisferio opuesto a través del cuerpo calloso.

A partir de estudios de electrofisiología se encontró que los individuos altamente creativos muestran mayor actividad eléctrica en el electroencefalograma en las áreas temporoparietales derechas durante el desempeño de tareas creativas y mayor actividad alfa durante la inspiración y asociación de nuevas ideas.⁷ Martindale relaciona estos hallazgos con un proceso de atención difusa relacionado con la creatividad; es decir que si fijamos demasiado nuestra atención, eso nos impedirá pensar cosas más originales.

⁴ Martindale C. Creative imagination and neural activity. En Kunzendoff R, Sheikh A (Eds.), *The Psychophysiology of Mental Imagery*. Baywood, Amityville, NY. 1990.

⁵ Dabrowski K, Kawczak A, Piechowski M. *Mental Growth Through Positive Disintegration*. Gryf Publications, London. 1970.

⁶ Arieti S. *Creativity: the magic synthesis*. Basic, NY. 1976.

⁷ Martindale C, Hasenfas N. EEG differences as a function of creativity, stage of the creative process, and effort to be original. *Biol. Psychol.* 6, 157–167. 1978.

Los estudios de imagenología funcional cerebral nos han permitido estudiar con mayor profundidad qué áreas cerebrales están involucradas en el procesamiento creativo. Al comparar el flujo sanguíneo cerebral regional entre individuos con alto y bajo índices de creatividad se encontró que los sujetos altamente creativos tienden a mostrar mayor flujo sanguíneo cerebral regional en las áreas prefrontales de ambos hemisferios cerebrales.⁸ Es importante notar que durante el desempeño creativo se activan ambos hemisferios cerebrales de forma simultánea, hallazgo que diversos estudios han confirmado.⁹

En un estudio reciente evaluamos el flujo sanguíneo cerebral regional en individuos altamente creativos,¹⁰ exitosos, productivos y premiados en los campos de las ciencias y/o las artes, y que además habían obtenido puntajes por encima del percentil 99 en la prueba de Torrance de Pensamiento Creativo¹¹ forma gráfica. Esta es una prueba psicométrica que evalúa la creatividad y que se utiliza en diferentes países y entornos sociodemográficos, ya que no está sesgada culturalmente. La prueba de Torrance proporciona un índice global de creatividad y también puntajes para las siguientes dimensiones del proceso creativo: fluidez, originalidad, elaboración, resistencia a cierre prematuro, y abstracción, así como un puntaje global para otras habilidades como imaginación, expresividad emocional, fantasía, humor, visualización inusual, visualización interna para la prueba gráfica, y fluidez, originalidad y flexibilidad para la prueba verbal. En este estudio evaluamos el flujo sanguíneo cerebral durante el desempeño de dos actividades de la prueba de Torrance de pensamiento creativo forma verbal y encontramos que los sujetos muy creativos presentan mayor activación en el giro precentral derecho, el

⁸ Carlsson I, Wendt PE, Risberg J. On the neurobiology of creativity. Differences in frontal activity between high and low creative subjects. *Neuropsychologia*. 38, 873–885. 2000.

⁹ Gibson C, Folley BS, Park S. Enhanced divergent thinking and creativity in musicians: a behavioral and near-infrared spectroscopy study. *Brain Cogn*. 2009;69(1):162-9.

¹⁰ Chávez-Eakle RA, Graff-Guerrero A, García-Reyna JC, Vaugier V, Cruz-Fuentes C. Cerebral blood flow associated with creative performance: a comparative study. *Neuroimage*. 38, 519–528. 2007.

¹¹ Torrance E P, *Torrance Tests of Creative Thinking*. Bensenville, IL: Scholastic Testing Service. 1990.

culmen derecho, los giros frontales mediales derecho e izquierdo, el giro recto frontal derecho, el giro frontoorbital izquierdo, y el giro inferior izquierdo (áreas 6, 10, 11, 47 y 20 de Brodmann) así como el cerebelo. Estas estructuras están involucradas en cognición, procesamiento de emociones, memoria de trabajo, imagería motora y procesamiento de la novedad.

Cuando analizamos el flujo sanguíneo cerebral en relación con las dimensiones de la creatividad reportadas por la prueba de Torrance verbal, encontramos que la fluidez, la originalidad y la flexibilidad se correlacionan con mayor flujo sanguíneo cerebral en las áreas de Brodmann 6 y 11. La fluidez y flexibilidad se correlacionaron con una mayor actividad en el giro frontal inferior izquierdo, y la originalidad correlacionó con una mayor actividad del giro temporal superior y la tonsila cerebelar.

Implicaciones para la creatividad científica

El área de Brodmann 47, que fue una de las áreas que mostró mayor activación en los sujetos altamente creativos, se ha relacionado con la capacidad de formular hipótesis.¹² Las áreas asociativas de la corteza dorsolateral prefrontal se vinculan con la capacidad de evocar memoria, tanto motora como conceptual, de forma rápida y facilitada, lo cual nos permite mantener información accesible por periodos indefinidos de tiempo, lista para ser usada en la elaboración de nuevas ideas.¹³ Las áreas cerebelares activadas hacen que estas funciones cognitivas trabajen de manera más eficiente, rápida y adaptativa, lo cual nos permite generar una multiplicidad de ideas ante un dilema, y cambiar de un campo conceptual a otro. La función cerebelar se relaciona con la memoria de trabajo. Las funciones de las áreas dorsolater-

¹² Vartanian O, Goel V. Neural correlates of creative cognition. En: Martindale C, *et al.* (Eds.), *Evolutionary and Neurocognitive Approaches to Aesthetics, Creativity and the Arts*. Baywood Publishing Company, Inc., Amityville, NY, 195-207. 2007.

¹³ Kandel ER, Schwartz JH, Jessel TM *Principles of Neural Science*. McGraw-Hill, NY. 2000.

les, prefrontales y cerebelares, también nos permiten crear símbolos a partir de percepciones, emociones y experiencias. Cuando hay daño a estas áreas el pensamiento se vuelve repetitivo y estereotipado.¹⁴

Las áreas parietales activadas están vinculadas al procesamiento de estímulos de diversas modalidades sensoriales y a la imagería motora,¹⁵ la cual nos permite generar representaciones mentales de acciones, como por ejemplo el poder visualizarnos realizando un experimento. La importancia de este proceso en la incubación de nuevas ideas se revisará en el siguiente capítulo.

Un aspecto de interés para los científicos es la capacidad de producir ideas originales. En nuestro estudio encontramos que una mayor activación en el área 40 de Brodmann se relacionaba con la producción de un número mayor de ideas. Como dato interesante en el cerebro de Einstein se encontró que esta área, en particular, tenía un grosor 15% mayor. Cuando las ideas generadas eran originales, entonces también se observó mayor activación en el giro temporal superior (área 38 de Brodmann) la cual participa en el procesamiento de contexto lingüístico y en la producción de *insight*.¹⁶ La originalidad también se correlacionó con mayor activación cerebelar, la cual, como ya se mencionó, se vincula con la memoria de trabajo y al procesamiento de información conceptual frente a la novedad.¹⁷

Todos estos hallazgos sugieren que existe una red neuronal específica relacionada con el proceso creativo y, al mismo tiempo, la creatividad es un proceso dinámico, complejo, multi-integrativo que involucra el procesamiento

¹⁴ Spence SA, Frith C Towards a functional anatomy of volition. J. Conscious. Stud. 6, 11–29. 1999.

¹⁵ Malouin F, Richards CL, Jackson PL, Dumas F, Doyon J. Brain activations during motor imagery of locomotor-related tasks: a PET study. Hum. Brain Mapp. 19, 47–62. 2003.

¹⁶ Rhawn J. Neuropsychiatry, Neuropsychology, and Clinical Neuroscience. Williams & Wilkins, Baltimore, MD. 1996.

¹⁷ Vandervert LR, Schimpf PH, Liu H. How working memory and the cerebellum collaborate to produce creativity and innovation. Creat. Res. J. 19, 1–18. 2007.

simultáneo de percepción, volición, cognición y emociones.¹⁸ En un futuro cercano los estudios de conectividad cerebral y otras nuevas tecnologías nos permitirán entender con más detalle estos procesos. El estudio de la creatividad sigue siendo un reto a la creatividad de los investigadores.

¹⁸ Chávez-Eakle RA, Graff-Guerrero A, García-Reyna JC, Vaugier V, Cruz-Fuentes C. Cerebral blood flow associated with creative performance: a comparative study. *Neuroimage*. 38, 519–528. 2007.

2. Imágenes, incubación y más allá de la incubación

Rosa Aurora Chávez

En este capítulo se explorará el papel de la imagería y de la incubación en la generación de ideas creativas. Y también se expondrán otros procesos más allá de la incubación que nos permiten seguir asociando ideas, como es el efecto del sueño.

Imagería

La imagería es la capacidad de crear imágenes vívidas en nuestra mente, no sólo de naturaleza visual, ya que pueden abarcar todos los sentidos y no solamente de contenido sensorial, sino también de naturaleza motora, o en otras palabras lo que se imagina uno haciendo. Como se mencionó en el capítulo anterior, durante el desempeño de tareas creativas se activan regiones cerebrales relacionadas con el procesamiento de la imagería y en particular de la imagería motora. Una de las áreas vinculadas al procesamiento de imagería que se activa durante el desempeño creativo corresponde a la misma zona del cerebro, en la corteza parietal izquierda, área 40 de Brodmann, que en el cerebro de Einstein presentaba mayor grosor, este científico que logró desarrollar varias de sus teorías a través de una imagería vivida. Por ejemplo, el visualizarse a sí mismo montado en un rayo de luz en el espacio fue una revelación que le dio un entendimiento súbito sobre la naturaleza de la luz, y de allí generó la esencia de una de sus teorías más importantes. Esta imagería fue a la vez esclarecimiento y una forma de acceder, y conceptualizar de una forma condensada, los dilemas teóricos que trataba de abordar.

Varias de las pruebas psicométricas que evalúan la creatividad y muchas de las técnicas de facilitación creativa emplean procesos de imaginiería. En un estudio reciente¹⁹ evaluamos a científicos y/o artistas destacados, productivos y reconocidos, y mediante tomografía de emisión de positrones, determinamos el flujo sanguíneo cerebral durante el desempeño de dos actividades de la Prueba de Torrance de Pensamiento Creativo forma Verbal, en la cual se requiere crear imágenes mentales vívidas relacionadas con situaciones hipotéticas. Para ese estudio también se realizaron entrevistas fenomenológicas a profundidad en las cuales los participantes describían cómo era la experiencia de crear. Tradicionalmente se consideraba que la imaginiería era resultado de la evocación de memorias perceptuales. Al combinar los datos obtenidos en las imágenes cerebrales con las descripciones fenomenológicas, encontramos que en los individuos altamente creativos la imaginiería era mucho más que la evocación directa de memorias perceptuales. En los sujetos altamente creativos la imaginiería involucraba la creación de nuevas imágenes al combinar y modificar memorias preceptuales. De acuerdo con nuestros datos, entre más difería esta imaginiería de las memorias perceptuales, mayor novedad se observaba. Esta novedad se experimentaba como un “eureka.” La imaginiería es la forma inmediata en la cual percibimos nuestras mentes, de forma condensada y polisémica.¹

Numerosos estudios han demostrado que imaginar una acción y realizar una acción desencadenan en el cerebro una activación similar a nivel perceptual, motor y fisiológico. Por ejemplo, los pianistas han descubierto que es más efectivo imaginarse tocando una pieza con precisión que practicar escalas todo el día. La imaginiería nos permite realizar tareas de mayor complejidad, el uso intencional de la imaginiería se ha relacionado con una mejoría en el desempeño de tareas motoras y cognitivas, así como por un incremento en

¹⁹ Chavez RA. Imagery as a core process in the creativity of successful and awarded artists and scientists and its neurobiological correlates. *Front Psychol.* 2016;7:351.

la capacidad de retener la memoria de estas experiencias, lo cual sugiere que es un proceso que nos permite facilitar vías neuronales. El crear un estado de conciencia flotante facilita la emergencia de asociaciones y de imaginiería.

Incubación

La incubación es el proceso de generar ideas de forma espontánea cuando estamos realizando actividades aparentemente no relacionadas. Tal sería el caso de tener una idea genial mientras uno se baña, cocina, conduce un automóvil o atraviesa un puente dentro de un tren. Graham Wallas²⁰ acuñó hace casi un siglo el término incubación, como una de las etapas de la creatividad. Las ideas vienen de repente, tras poco o ningún esfuerzo consciente, cuando estamos desempeñando otra actividad.

Se ha postulado que la incubación está relacionada con la memoria de trabajo²¹ y que ambas requieren procesamiento cerebelar. En el cerebelo, la información cognitiva y la información motora se procesan mediante los mismos mecanismos.²² En los circuitos cerebelares no hay distinción entre pensamiento y movimiento, ambos se controlan de la misma manera. Esto explica por qué podemos llegar a un esclarecimiento o *insight* a partir del movimiento, como les sucede con frecuencia a bailarines, practicantes de taichi, etc.

²⁰ Wallas G. The art of thought. London: C. A. Watts. 1926.

²¹ Vandervert LR, Schimpf PH, Liu H. How working memory and the cerebellum collaborate to produce creativity and innovation. Creat. Res. J. 19, 1–18. 2007.

²² Afifi AK, Bergman RA. Functional neuroanatomy. Text and Atlas. New York: McGraw-Hill. 2005.

Más allá de la incubación

Para poder optimizar la creatividad más allá de la incubación se requiere fomentar la capacidad de mantenerse abiertos a la continua asimilación de nuevos elementos; para que continúen relacionándose de forma latente, pero constante. Eso nos permite seguir generando numerosas posibles ideas y finalmente incrementa las posibilidades de concebir una idea original. Diversas técnicas de facilitación de la creatividad implican directamente la producción deliberada de imaginación multimodal, y/o estimulan el proceso de incubación al fomentar la continua asociación de ideas. Sin embargo, también contamos con procesos naturales que nos permiten facilitar el proceso creativo; uno de ellos es el sueño. Hay numerosos relatos anecdóticos que narran cómo científicos y artistas han cristalizado un esclarecimiento teórico o estético en sueños o durante experiencias hipnagógicas (los estados intermedios entre el sueño y la vigilia). Tales son los casos de Augusto Kekulé, quien soñó una serpiente mordiendo su propia cola y eso le ayudó a dilucidar la estructura del anillo de benceno (véase capítulo 8); Otto Loewi, quien soñó un experimento entero en el cual demostraba la transmisión eléctrica entre los nervios, y Mendeleyev, quien vio en sueños una tabla en la que se acomodaban todos los elementos químicos. Durante el sueño reprocesamos, consolidamos recuerdos y creamos nuevas representaciones de memoria, lo cual se ha demostrado que facilita la producción de *insight*. La arquitectura misma del sueño, con su alternancia entre ciclos lentos y rápidos optimiza este proceso, al facilitar las asociaciones remotas.²³

La creatividad no solamente involucra al pensamiento lógico (proceso secundario), también requiere del tipo de pensamiento que está presente de forma natural en el contenido de los sueños (proceso primario). Y la integración de ambos tipos de pensamiento en la generación de una nueva idea. Como científicos esto implica desarrollar la capacidad de integrar este proce-

²³ Chavez RA, Chavez-Sanchez FR. Beyond incubation: creative breakthroughs associated with sleep. *Sleep Medicine*, 12, 313-314. 2011.

so primario, la imagería y la intuición con un pensamiento lógico riguroso y crítico, fomentando la receptividad permanente a nuevas ideas, la apertura a diversos puntos de vista, y la flexibilidad.

3. El pensamiento convergente y divergente en la ciencia

Nashyiela Loa Zavala

La creatividad en la ciencia como parte del quehacer humano

La ciencia se caracteriza por una búsqueda de conocimiento y verdad que ha llevado al ser humano a transformar la naturaleza y, con ella, al propio ser humano como individuo, especie y grupo social. “La ciencia es un sistema de conceptos acerca de los fenómenos y leyes del mundo externo o de la actividad espiritual de los individuos, que permite prever y transformar la realidad en beneficio de la sociedad; una forma de actividad humana históricamente establecida (...) cuyo contenido y resultado es la reunión de hechos orientados en un determinado sentido, de hipótesis y teorías elaboradas y de las leyes que constituyen su fundamento, así como de procedimientos y métodos de investigación”.²⁴

Podemos decir gracias al conocimiento que hoy tenemos de la biología cerebral humana y también de otras disciplinas como la antropología, que la capacidad de transformación que el ser humano tiene de su entorno se debe en gran medida a su inteligencia y a su creatividad, las cuales le han permitido adaptarse a muchos tipos de ambientes a lo largo de miles de años.

Sin embargo con el transcurrir del desarrollo científico es posible decir que ahora no sólo se adapta a su ambiente para sobrevivir, sino que además altera cada vez más al mundo que le rodea transformándolo ya sea en un ambiente más favorecedor para la vida, o bien en lo contrario, un ambiente peligro-

²⁴ Kedrov MB, Spirkin A. La ciencia. Editorial Grijalbo. México, 1968.

so para la vida por estar cargado de elementos de destrucción que pueden llegar a afectar a tal grado la naturaleza y con ella a el mismo humano que pone en riesgo la sobrevivencia del planeta y de la especie, como sucede por ejemplo con fenómenos como el cambio climático que hoy ocupa a muchos investigadores y ambientalistas.²⁵ Tratar de entender cómo puede ser que la ciencia tenga estas dos vertientes, tanto la creativa como la destructiva, nos lleva a estudiar aspectos cualitativos del pensamiento humano que tiene que ver con cómo se genera el conocimiento, y por tanto, con cuáles objetivos se aplica.

Podemos decir que cuando la ciencia nace, comienza a romper con muchas creencias religiosas que imperaban como verdades absolutas o incuestionables.²⁶ La Tierra era cuadrada y era el centro del universo ya que así lo había establecido la Iglesia, el hombre era creado por Dios y la mujer se creó a partir de la costilla de Adán. El hecho de que Copérnico demostrará científicamente que las creencias religiosas distaban de la verdad y que el sol era en realidad el centro del universo alrededor del cual giraba la Tierra, o que Darwin pudiera comprobar, gracias a un método científico, que el hombre era producto de la evolución de las especies, llevó a la Iglesia a sentirse muy amenazada en su poder como parte de un grupo ideológico dominante que regía gran parte de la vida humana. Esto hizo que la Iglesia cometiera actos de barbarie tales como quemar vivo en una hoguera a Giordano Bruno, quien difundió estos descubrimientos por toda Europa y cuestionó los privilegios de la Iglesia, así como también la Inquisición castigó a Galileo Galilei desterrándolo.

Sin embargo, la humanidad ya había iniciado algo que parecía incontenible y gracias a la ciencia comenzó a ganar cada vez más fuerza en su conocimiento del mundo, del ser humano mismo y de su relación con el entorno; enton-

²⁵ Chomsky N. (17 de marzo del 2013) “¿Puede la civilización sobrevivir al capitalismo?” La jornada.unam.mx

²⁶ De Gortari E. Siete ensayos filosóficos sobre la ciencia moderna. 2ª. ed. Grijalbo. México. 1973.

ces surge la burguesía y con ella el capitalismo; la ciencia comenzó a sufrir un cambio que la desviaba del pensamiento que le dio origen, apareció un nuevo impulso que la llevaba a buscar mayores conocimientos, pero no en aras de una búsqueda auténtica de conocimiento²⁷ (Wilfred Bion postula que el hombre establece vínculos de forma natural, uno de ellos es el vínculo que lo lleva a intentar conocer algo y que denomina +K), sino más bien en la búsqueda de un pseudoconocimiento que brindará mayores ganancias materiales que permitieran a una clase social naciente controlar no sólo a la naturaleza, sino también a la población en general como antes lo había hecho la Iglesia en la época medieval, y con ello tener un mayor capital. Surge entonces un tipo de ciencia, llamada positivista, y con ello se privilegia desde entonces la investigación en el campo de la industria y de los objetos inanimados.

Además de esta corriente positivista de la ciencia que establece sus propias leyes de generar conocimiento, se ponen en marcha a lo largo de la historia del desarrollo científico otras epistemologías que intentan dar cuenta de cuál es la mejor para generar el conocimiento y con él una mejor visión de la realidad. Así podemos ver además del positivismo, al estructuralismo, el materialismo, el materialismo dialéctico y, con ellas, muchos tipos de “conocimientos”. Surgen preguntas como: ¿Cuál es la verdadera verdad?, ¿todas son igualmente válidas?, ó ¿existen algunas mejores que otras? Es entonces cuando la ciencia se mezcla con la filosofía y en especial con la ética para buscar respuestas⁴, dando lugar a las propias neurociencias, las cuales estudian no solamente el funcionamiento cerebral, sus procesos cognitivos, sino incluso sus interacciones con el ambiente.

Me parece que hoy en día, en un mundo tan conectado por medios digitales y donde tenemos acceso de forma muy rápida a diferentes hipótesis científicas, teorías, artículos de revistas científicas y documentales entre otras fuentes, es importante, para quienes nos interesamos en la ciencia, regresar a es-

²⁷ Bion W. Aprendiendo de la experiencia. Paidós. Barcelona, España. pp 87-90. 1980.

tas preguntas, de lo contrario podemos caer muchas veces en un relativismo donde todo se acepta como válido, o bien, en un univocismo donde creemos que solo hay una verdad única e incuestionable. Ambos aspectos van contra la esencia de lo que es la ciencia. Ante este aspecto existe desde la filosofía la propuesta de una hermenéutica analógica²⁸ que describiremos más adelante.

En esta búsqueda de respuestas, surge también un tema de particular interés: el de la creatividad en la ciencia, que le da origen al título de este libro.

El estudio científico de la creatividad

La creatividad puede entenderse desde diferentes definiciones conceptuales, como un producto terminado por ejemplo a través de una obra de arte que se pueda traducir en un precio en una galería, o de un descubrimiento científico “útil”, o bien como un proceso que llevará finalmente a una obra artística o científica, pero que a su vez tendrá un aspecto transformativo del sujeto creador y de quienes la experimentan como receptores. Si ese fuera el caso se convertirá en un proceso generador de algo nuevo que queda abierto para ser comunicado y analizado. Me parece que es este segundo concepto de entender a la creatividad el que resulta más vivo en tanto que se humaniza y no queda en calidad de algo que solo es una cosa; por tanto, el tema de la creatividad tendría que ir de la mano con el concepto de transformación y de lo vivo en la ciencia en tanto que es generador de algo nuevo. De acuerdo con Chávez (1999),²⁹ creatividad es “la capacidad de producir algo nuevo transformando o trascendiendo lo ya existente mediante un proceso que se lleva a cabo en tres fases: a) asociación: el sujeto generador realiza asociaciones entre elementos del mundo externo y elementos de su subjetividad y

²⁸ Beuchot M. Tratado de Hermenéutica analógica. 4ª. ed. p 13. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM / Itaca, 2009.

²⁹ Chávez RA. ¿Qué es la creatividad? Tesis para obtener el grado de especialista en psiquiatría.. UNAM. México. 1999. Facultad de Medicina UNAM.

se percata de ellas; b) elaboración: el sujeto utiliza las asociaciones de forma propositiva para hacer una obra, artística o científica. El sujeto generador durante estas dos fases utiliza su inteligencia, sus habilidades o talentos específicos, así como componentes de su experiencia propia —memoria, afectos, deseos, representaciones, fantasmas, fantasías, intuición, imaginación, disposición lúdica— lo anterior y su temperamento orientan la naturaleza y las características de su creación. Incluso el dolor y la enfermedad forman parte de la materia prima y c) comunicación: el o los sujetos receptores, al participar de la obra, descubren y se percatan de las asociaciones nuevas tanto en el mundo externo como en su propia subjetividad y la realidad global se comprende desde otra perspectiva”.⁶

Surgen entonces intentos por describir los aspectos que conforman la creatividad y de qué forma están relacionados e interaccionan entre sí. Dentro de los factores que Joy Paul Guilford estudió en 1951 en el proceso creativo, aparecen dos que se oponen dialécticamente: el pensamiento divergente y el convergente. Ambos tipos de pensamiento resultan necesarios y aparecen dentro del proceso creador como alternados o combinados. En el pensamiento divergente no hay una sola respuesta correcta, hay múltiples posibles respuestas.

Existen varias definiciones del pensamiento divergente como un tipo de pensamiento “que no se restringe a un plano único, sino que se mueve en planos múltiples y simultáneos, se caracteriza por mirar desde diferentes perspectivas y encontrar más de una solución frente a un desafío o problema. Actúa removiendo supuestos, desarticulando esquemas, flexibilizando posiciones y produciendo nuevas conexiones. Es un pensamiento sin límites que explora y abre caminos, frecuentemente hacia lo insólito y original”.³⁰

³⁰ Álvarez Elisa. Creatividad y pensamiento divergente. Desafío de la mente o desafío del ambiente. Inter AC. [<http://www.interac.es/index.php/es/documentacion?download=3:creatividad-y-pensamiento-divergente>]

El pensamiento divergente “es una cognición que va en diferentes direcciones. Algunas de ellas son convencionales, y algunas otras son originales. Dado que algunas de estas ideas resultan originales, el pensamiento divergente representa un potencial para resolver problemas de forma creativa. Originalidad no es sinónimo de pensamiento creativo, pero es indudablemente uno de los aspectos más reconocidos de la creatividad. El grado en que un test de pensamiento divergente es confiable y válido, puede ser tomado como un estimador que predice el potencial creativo. Por tanto, no es de sorprender que los test que miden pensamiento divergente son de los más comúnmente usados para medir el pensamiento creativo”.³¹ El pensamiento divergente aparece en dimensiones de la creatividad como son la flexibilidad, la fluidez y la originalidad, incluidas en la prueba de Torrance³² para medir el desempeño creativo (TTCT).

El pensamiento convergente se define como tener una característica que implica “una solución única, se mueve en una dirección, en un plano. En estos casos se enfrenta a un universo cerrado, con límites definidos, con elementos y propiedades conocidos desde el comienzo, que no varían a medida que avanza el proceso de búsqueda de una solución (...) el pensamiento se desplaza siguiendo una secuencia prevista, es conducido por un camino ya trazado”.⁶

Por lo general, en la mayoría de las pruebas que se utilizan para intentar medir la creatividad, el pensamiento divergente ocupa un lugar central, mientras que en las pruebas que miden la inteligencia (IQ) el pensamiento convergente que busca una única opción correcta es el más valorado. Para Guilford, ambos tipos de pensamientos son necesarios en la creatividad.

³¹ Runco MA. Divergent thinking. Enciclopedia of creativity. Vol 1. p 577. Academic Press. 1999.

³² Torrance P, Safter HT. Making the creative leap beyond. Creative education Foundation Press. New York. 1999.

El pensamiento divergente y convergente, y su relación con procesos primarios y secundarios

Me resulta interesante intentar analizar cuál es la relación entre los procesos primarios y secundarios descritos por Freud³³ y el pensamiento divergente y convergente. Es muy importante aclarar que ambos conceptos no son sinónimos, sin embargo, existen intersecciones entre la multiplicidad de significados que se pueden encontrar en el proceso primario y la multiplicidad de respuestas que propone el pensamiento divergente. Por tanto, los procesos asociativos del pensamiento primario, donde intervienen el desplazamiento y la condensación, pueden ser los generadores o el sustrato de la diversidad de respuestas del pensamiento divergente, las cuales en muchos casos pueden ser cercanas a lo novedoso, original o poco común. En el momento que aparecen “las respuestas”, sin embargo, ya hay una representación que requiere también del proceso secundario, el cual sigue leyes lógicas y se adapta al contexto.

El proceso secundario obedece a un tipo de asociación basado en la lógica y, por tanto, pienso podemos considerarlo posiblemente el más cercano al pensamiento convergente. La lógica sigue por lo general un movimiento más lineal y en una dirección orientada al principio de realidad.

Llama la atención que es la combinación de ambos tipos de pensamientos la que favorece el proceso creativo, de la misma forma que es la combinación del proceso primario y secundario, lo que da lugar a un proceso terciario que Silvano Arieti define como el verdadero proceso creador. Sin uno u otro, no sería posible entonces alcanzar la creatividad”. Para Freud el proceso primario es un modo en que funciona la psique, sobre todo su parte inconsciente, prevalece en los sueños (...) opera en forma totalmente distinta al proceso secundario, que es el modo de funcionamiento que opera en la mente

³³ Freud S. La interpretación de los sueños. 9ª. reimpresión. Amorrortu. Argentina. 2001.

cuando esta despierta y aplica la lógica común. Los mecanismos de proceso primario reaparecen también en el proceso creador, en combinaciones extrañas e intrincadas con mecanismos del proceso secundario, y en síntesis (..) impredecibles (...) a partir de una adecuada fusión con los mecanismos del proceso secundario, estas formas primitivas de conocimiento, confinadas generalmente (...) a procesos inconscientes, se convierten en poderes innovadores. Yo he propuesto la expresión proceso terciario para designar esta combinación especial de mecanismos del proceso primario y del proceso secundario. (...) El proceso terciario, con mecanismos y formas específicos, funde los dos mundos de mente y materia, y en muchos casos, lo racional con lo irracional. En lugar de rechazar lo primitivo el espíritu creador lo integra con procesos lógicos normales en lo que parece ser una síntesis mágica de donde brotará lo nuevo, lo inesperado y lo deseable”.³⁴

Es posible entonces suponer que tanto en el pensamiento convergente como en el divergente existen ambos procesos en diferente proporción, el primario y el secundario. Pero al final, la creatividad deberá ser una integración de ambos pensamientos, para permitir la aparición de algo nuevo.

El científico analógico y creativo vs. el científico robotizado

Por tanto, esto contradice en parte un aspecto medular de la ciencia positivista, la cual insiste en asegurar que la generación de conocimiento es sólo una abstracción lógica de la realidad, donde aspectos no cuantificables carecen de importancia o son, incluso, un estorbo. Esto llevado al extremo ha hecho pensar en una necesidad fabricada de que el científico sea solamente una especie de robot sin afecto, ni emoción, sin subjetividad, lo cual ha sido objeto de cuestionamiento en el arte a través por ejemplo de la novela

³⁴ Arieti S. Creatividad. La síntesis mágica. pp 20-21. Fondo de Cultura Económica. México. 1993.

de ficción o del cine³⁵; sin embargo cada vez es más claro que la intuición y la imaginación, así como la propia sensibilidad, juegan un papel muy importante también en la creación científica, gracias en parte al estudio de la creatividad.^{6,12}

Si el científico se quedará única y exclusivamente con un pensamiento convergente, dictado solamente por una única lógica, se perdería en gran medida de una parte fundamental que nutre la vida psíquica y, por tanto, no existiría creatividad en esa ciencia o en ese científico, sería más bien una apariencia como me parece que ahora sucede con muchos proyectos que reciben financiamientos sorprendentes para crear productos cosméticos, agrícolas y de toda índole, pero que tienen como única lógica el consumo y la ganancia material que deja el producto, cuyo resultado ya se conoce de antemano.

Son, por tanto, el pensamiento divergente (con su multiplicidad de posibilidades y por tanto el que se aleja de lo común y ya dado) en interacción con el pensamiento convergente (que busque una respuesta cercana al principio de realidad dentro de un contexto) indispensables en el proceso creativo, aunque muchas veces rompa con creencias dominantes o paradigmas de su época, tal y como ocurrió con Copérnico y Galileo quienes pudieron imaginar y probar científicamente la existencia de un universo dispuesto de forma muy diferente a la conocida en su época.

Entonces, la creatividad existe gracias al pensamiento divergente combinado con el convergente, conexiones asociativas que no siguen una única lógica lineal y propia del lenguaje, sino también otras propias del mundo inconsciente y de memorias implícitas guardadas en él y, por tanto, el proceso creativo científico ocupa aspectos conscientes e inconscientes que permiten

³⁵ Maslow AH. La personalidad creadora. 11ª. ed. Kairós. Barcelona, España. 2015.

crear una reproducción de la realidad, pero sin que ésta sea una realidad ajena al sujeto, su subjetividad y su contexto.

A su vez será justamente esa capacidad asociativa, que no se guía solo por un solo tipo de proceso ni de pensamiento, la que permita que ocurran procesos transformacionales como la flexibilidad, la cual nos permite “abandonar viejos caminos en el tratamiento de los problemas y llevar el pensamiento por nuevas direcciones”.³⁶

Sin embargo, la separación conceptual que hacemos entre ambos tipos de pensamientos es solo arbitraria para intentar comprenderlos, ya que durante el proceso creativo ambos están intrínsecamente relacionados y actúan de manera coordinada.

Es decir, que la creatividad requiere tanto del pensamiento divergente como del pensamiento convergente y, a su vez, el desarrollo de ambos requiere justo de su posibilidad de integración. Considero que en esta cualidad de producir ideas tan diferentes, incluso usando diferentes campos semánticos, que podría caerse en el relativismo total donde todas esas ideas creadas son igualmente válidas, aunque sean contradictorias u opuestas, lo cual no permitiría la generación de un sistema coherente como lo pide el método científico, y es ahí donde se necesita el pensamiento convergente para analizar y sintetizar estas hipótesis y resultados que se generaron, y poder ir comparando y definiendo cuáles pueden ser lo más posibles para el contexto específico que se necesita. Me parece que en ese sentido, la ciencia surge como la hermenéutica que plantea Beuchot⁵, quien busca dar una respuesta creativa al tema de univocidad vs. equivocidad, aceptando justamente la pluralidad de ideas o hipótesis para buscar la más cercana a lo que se puede llamar la verdadera en un contexto determinado, sin que quede como algo fijo e ina-

³⁶ Romo SM. Treinta y cinco años del pensamiento divergente. Teoría de la creatividad de Guilford. pp 175-191. Dialnet. 1987.

movible, sino abierto nuevamente a la transformación: “la hermenéutica analógica nos hace buscar vías intermedias e integradoras de interpretación, esto es, no solo tener un mayor rango posible de interpretaciones posibles y válidas en las que se pueda trazar una jerarquía de aproximación a la verdad textual, sino además tratar de interpretar de un modo más abarcador y completo, buscando interpretaciones de los textos que no descuiden sus entresijos más recónditos (en los que se da la diferencia) y se haga justicia a los diferentes elementos que están en juego dentro del texto”.³⁷ La analogía se colocaba como intermedia entre la univocidad y la equivocidad, colocando este autor al positivismo dentro de una hermenéutica univocista, donde solo existe una única verdad totalmente objetiva y por otro el relativismo dentro del romanticismo.

Conclusión

Finalmente podemos decir que la ciencia entendida desde la dialéctica abre nuevas preguntas y caminos para llegar en algún momento a conocer mejor nuestra realidad y transformarla de forma creativa, dando paso a la vida que existe tanto en el hombre como en la naturaleza, donde ambos puedan coexistir transformándose mutuamente, pero sin negar la existencia de ellos como parte de una unidad compleja que posee a su vez pensamientos y aspectos no pensados ni conocidos, pero presentes, y que no debieran escindirse, ya que al hacerlo como ocurre actualmente en las civilizaciones occidentales que intentan negar aspectos cruciales de la realidad, mediante mecanismos obsesivos y perversos, buscan controlar los múltiples recursos naturales empleando los conocimientos científicos, y terminan no permitiendo la generación del conocimiento auténtico, usando la ciencia como un recurso fetiche que contribuye a la guerra sin sentido, la desigualdad y la cosificación de los recursos naturales que acaban con la vida en el planeta, incluido al propio

³⁷ Beuchot M. Tratado de hermenéutica analógica: hacia un nuevo modelo de interpretación. UNAM, 2000.

ser humano. La creatividad con modelos, como lo analógico que incluye implícitamente un equilibrio integrador entre el pensamiento divergente y convergente, ayudan a buscar soluciones a estos problemas y ambos serán necesarios para cuando busquemos hacer ciencia. Proponemos que el desarrollo y la integración de ambos tipos de pensamientos se fomenten durante el proceso educativo de los niños.

4. Encontrando la pregunta correcta y creativa de investigación

*Eduardo Lorenzo Pérez-Campos, Edgar Zenteno Galindo,
Eduardo Pérez-Campos Mayoral*

Existen numerosos paradigmas en investigación, postpositivismo, constructivismo, transformativismo y pragmatismo entre los más comunes. “En el caso del constructivismo, algunos lo denominan cualitativo, en realidad este término se refiere a un método no un paradigma”.³⁸ A decir de Donna Mertens (2010), en el postpositivismo, su método es cuantitativo, intervencionista, descontextualizado y objetivo, el investigador manipula y observa. En tanto que en el constructivismo, el método es cualitativo, hermenéutico y dialéctico, hay una relación interactiva entre el investigador y los participantes. En el transformativo, sus métodos son cualitativos (dialógicos), cuantitativos y mixtos, describen factores contextuales e históricos; además es interactivo entre el investigador y participantes, el conocimiento está situado de manera social e histórica. En el pragmatismo, el investigador emplea métodos mixtos, las relaciones entre el investigador y los participantes dependen del proyecto.

Para definir un paradigma, Cuba y Lincoln (2005)³ tratan de contestar cuatro preguntas, ¿cuál es la naturaleza de la ética? (axiológica), ¿cuál es la naturaleza de la realidad? (ontológica), ¿cuál es la naturaleza del conocimiento y la relación entre el que conoce y lo conocido? (epistemológica), ¿cómo podemos aprender a obtener el conocimiento y la comprensión deseada? (metodológica).

³⁸ Mertens DM. Research and evaluation in education and psychology. Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods. 3rd. ed. Sage Publications, Inc. 2010.

Aunque no hay una regla, es común observar que en las investigaciones cualitativas es más frecuente el uso del ¿qué? y el ¿cómo?, mientras que en las investigaciones cuantitativas las preguntas emplean más frecuentemente ¿cómo?, ¿qué? o ¿por qué?, además éstas contienen una variable independiente y una dependiente, e intentan relacionar o comparar.

Una pregunta de investigación es una pregunta comprensible, enfocada, concisa, compleja y defendible, que puede ser planteada como una pregunta. Además, puede dar lugar a preguntas creativas si se toman en consideración algunos factores como: 1) La satisfacción, el conocimiento de tener una idea que resulta insatisfactoria para explicar un fenómeno, o porque la idea tiene un defecto que no la perciben otros, o por nuestra propia experiencia, vemos que hay otra posibilidad; 2) La equivocación, teniendo errores de apreciación es probable que resulte en una pregunta de investigación creativa, la idea equivocada pudiera seguir equivocada, pero da pauta a una siguiente etapa de una pregunta creativa, además “nos da una distancia” respecto a las preguntas establecidas;^{39, 40} 3) El tiempo, la falta de tiempo, o el exceso de tiempo puede afectar para la obtención de problemas creativos; 4) detalles, preguntas demasiado detalladas, o muy generales también afectan el proceso creativo.

Proceso para obtener una pregunta de investigación

La primera característica que debe tener el planteamiento de una pregunta de investigación es que el sujeto debe estar suficientemente motivado con su proyecto, no con la pregunta del responsable o director de investigación. A veces es importante encontrar una manera de decirlo y convencer al director

³⁹ Flockhart DA, Abernethy DR. Finding the right research question: quality science depends on quality careers. Clin Pharmacol Ther. 2008; 84(3):427-9.

⁴⁰ De Bono E. El pensamiento práctico. Paidós plural. 1992.

del proyecto o de la línea de investigación, con el fin de avanzar en la misma, y encontrar un tema que nos haga “sentir satisfechos” y que cubra las necesidades del grupo o entidad donde se desarrolla la investigación.

El tema deberá aportar una pregunta original y factible. Una opción para seleccionar un tema es la de adquirir una visión del campo futuro de nuestra área de desarrollo o de investigación y de las perspectivas de desarrollo personal. Otra opción es consultar las “mejores 10 prioridades para la investigación” en *The James Lind Alliance* (JLA).⁴¹

Ya seleccionado el campo se requiere profundizar en un tema relacionado, con un posible problema, este tema se tiene que investigar a fondo. Una manera de hacerlo es revisar y elaborar un manuscrito de revisión. Tanto las revisiones narrativas como las sistemáticas, son de utilidad para tener una visión panorámica o específica del tema y nos apoye en la fundamentación del marco teórico de una pregunta.⁴²

Después de establecer el tema de interés, sigue el cuestionamiento sobre cómo y por qué, cuándo, cómo, dónde y quién, tal y como se identifica en el poema de *Elephant's Child* de Rudyard Kipling en la historia de *Just So Stories*. De estas preguntas hay tres que son muy importantes, ¿cómo?, ¿por qué? ¿y qué?.. y entonces, es tiempo, como un ciclo para escribir una pregunta de investigación preliminar. El “por qué” explica qué hace que este tema sea interesante para investigar,⁴³ “¿qué” será el enfoque del proyecto de investigación?, con el “quién” contestaremos los posibles sujetos u objeto de la investigación. Una pregunta que hay que tener muy presente es ¿y qué, o entonces qué?”, la cual garantizará que el proyecto proporcione los datos

⁴¹ The James Lind Alliance (JLA). [<http://www.jla.nihr.ac.uk/>]. (en qué fecha se revisó)

⁴² Aguilera Eguía R. ¿Revisión sistemática, revisión narrativa o meta análisis?. Rev. Soc. Esp. Dolor [Internet]. 2014 Dic [citado 2017 Oct 09] ; 21(6): 359-360. Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1134-80462014000600010&lng=es].

⁴³ Hudson-Barr D. From research idea to research question: the who, what, where, when, and why. J Spec Pediatr Nurs. 2005;10(2):90-2.

relevantes a las preguntas de investigación. Estos datos incluso servirán para plantear una buena historia del núcleo y de las variables conectadas en la hipótesis y desde luego para el reporte de investigación. ¿Y entonces qué?, a decir de Wang JJ:⁴⁴

Las “habilidades básicas de cocina”... son necesarias para hacer una buena “comida”...a partir de una mezcla de datos. Sin un toque hábil para organizar... y redactar lógicamente con cohesión y coherencia... esta mezcla de datos, no se considerará adecuada, para que el informe de investigación tenga un propósito y un buen fin.

Para evaluar la pregunta es necesario identificar algunos aspectos relevantes como: ¿qué aspecto del tema general es el que se va a explorar?, ¿la pregunta está enfocada?, ¿es comprensible su pregunta de investigación?, ¿la pregunta es clara?, ¿es concisa?, ¿es una pregunta relevante?, ¿es compleja y defendible?, ¿es factible?, ¿está definida la población a estudiar?, ¿se identifican las variables de interés?, ¿qué datos son necesarios para responder la pregunta?, ¿cómo se recopilarán los datos?, ¿hay consideraciones éticas?

La pregunta de investigación debe ser clara, comprensible, lógica y factible; centrada en un tema específico. Concisa o breve al punto, pero al mismo tiempo, debe ser compleja, y estructurada. Que pueda ser explicada en varias partes, no ser contestada por un simple sí o no. Estas preguntas deben ser respondidas por un análisis que relaciona el marco teórico con la pregunta. Entendiendo como marco teórico, al marco de referencia o marco conceptual, un sistema coherente de conceptos y proposiciones que permiten abordar el problema y relacionar variables.

⁴⁴ Wang JJ. “So what”, and the research question: tips for success in publishing. *Ophthalmic Epidemiol.* 2011;18(5):187-8.

Ejemplo de claridad en las preguntas:

Como antecedente está que la nitazoxanida es un compuesto que se emplea para tratar infecciones por protozoarios.

No clara: ¿Por qué no emplear nitazoxanida en el tratamiento de la influenza?

Clara: ¿La nitazoxanida inhibirá la replicación viral del virus de la influenza?⁴⁵

Ejemplo del grado de enfoque de las preguntas:

No enfocada: ¿Cuál es el efecto de la nitazoxanida en la influenza?

Enfocada: ¿La nitazoxanida inhibirá la replicación del virus de la influenza a nivel postraducciona?⁴⁶

Ejemplo de preguntas simples y complejas:

Como antecedente, se tiene el argumento de que el “DSM-5 no permite ni facilita la diferenciación neurobiológica en psiquiatría, y tiende a crear categorías artificiales de las enfermedades mentales”.⁴⁷

Simple: ¿Se podrá validar el DSM-5 para el diagnóstico de la esquizofrenia?

Compleja: ¿Es comparable el diagnóstico de esquizofrenia mediante DSM-5 y el Research Domain Criteria (RDoC)?, ¿se requerirá RDoC para la subclasificación y validación?⁴⁸

⁴⁵ Rossignol JF. Nitazoxanide: a first-in-class broad-spectrum antiviral agent. *Antiviral Res.* 2014;110:94-103.

⁴⁶ Rossignol JF, La Frazia S, Chiappa L, Ciucci A, Santoro MG. Thiazolides, a new class of anti-influenza molecules targeting viral hemagglutinin at the post-translational level. *J Biol Chem.* 2009;284(43):29798-808.

⁴⁷ Akram, F y Giordano, J. Research Domain Criteria as psychiatric nosology. *Camb Q Healthc Ethics.* 2017;26(4):592-601.

⁴⁸ Kanazawa T. The Schizophrenia spectrum and other psychotic disorders in DSM-5. *Seishin Shinkeigaku Zasshi.* 2015;117(10):844-50.

Pero no siempre una *pregunta de investigación* es una *pregunta de investigación*, cuando ésta es óptima establece lo que el investigador quiere saber, no lo que el investigador podría hacer, ni a qué podrían contribuir los resultados del estudio.⁴⁹ Un buen número de investigadores apuntan a responder preguntas sobre cómo dos o más variables se relacionan entre sí, esto es, se refieren a causa y efecto.¹³

En ciencias médicas, derivado de la práctica basada en evidencias, algunos investigadores usan el acrónimo “PICO” para ayudarse en la construcción de la pregunta de investigación.⁵⁰ El acrónimo significa el problema o la población del paciente (*problem or population*, P), la intervención (*intervention*, I), la comparación (*comparison*, C) y el resultado (*outcome*, O).

En esta área del conocimiento, hay variantes de preguntas de investigación,^{51,52} entre ellas están:

- Las orientadas a mejorar la práctica clínica.
- Que exploran patrones de incidentes.
- Aquellas que exploran la sabiduría popular.
- Las que tratan de entender el fenómeno desde una perspectiva interna.
- Que abordan problemas actuales.
- Las que analizan inconsistencias en la literatura.
- Que prueban una teoría, o teorías prácticas.
- Las que exploran variaciones en una variable dependiente.

⁴⁹ Mayo NE, Asano M, Barbic SP. When is a research question not a research question?. J Rehabil Med. 2013;45(6):513-8.

⁵⁰ da Costa Santos CM, de Mattos Pimenta CA, Nobre MR. The PICO strategy for the research question construction and evidence search. Rev Lat Am Enfermagem. 2007;15(3):508-11.

⁵¹ Gillis A, Jackson W. Research for nurses: Methods and interpretations. Philadelphia: F. A. Davis Co; 2002:69-74

⁵² Stamler LL. Developing and refining the research question: step 1 in the research process. Diabetes Educ. 2002;28(6):958-62.

- Proporcionan una evaluación o validación.
- Que replican un estudio.
- Las que corresponden a una prueba diagnóstica.

Elaborando una pregunta creativa

Para tener una pregunta creativa, no hay un procedimiento reconocido; es experimental o empírico. Siguiendo los modelos publicados se puede tener un camino en el diseño de preguntas creativas. Desde luego puede ayudar a seguir y asociar elementos previamente no relacionados con experiencias internas y externas, incubar la idea, no pensar en ella, dejar pasar algún tiempo, combinar conscientemente estos elementos, elaborar una idea estructurada y escribir los resultados de esta etapa.

La primera etapa de la creatividad inicia con la observación y el análisis de una situación determinada; en esta etapa tratamos de entender a profundidad, lo cual nos lleva a adquirir memoria sobre el tema. En una segunda etapa, generamos nuevas ideas de necesidades específicas, que nosotros las asociamos. Para encontrar esta asociación existen numerosas técnicas, como la búsqueda de analogías, lluvia de ideas, sinéctica, y la metamorfosis entre otras.⁵³ La siguiente etapa es la recolección y la mejora de la pregunta y redacción del “problema” antes de pasar a la cuarta etapa o evaluación y descripción escrita del problema. Finalmente el desarrollo de la hipótesis.

En resumen, las etapas son *preparación* en donde se descubren las palabras o conceptos del problema y se definen los principales objetivos; la *imaginación o ideación* que genera opciones, *desarrollo* en donde se seleccionan de estas opciones, y *acción* o implementación y *evaluación*.⁵⁴

⁵³ Higgings JM. 101 Creative problem solving techniques. The handbook of new ideas for business. The New Management Publishing Company Inc.USA. 1994.

⁵⁴ Koberg D, Bagnall J. The all new universal traveler: A soft-systems guide to creativity,

Una de las etapas más estudiadas es la generación de nuevas ideas utilizando métodos como el pensamiento lateral de Edward de Bono o la *imaginación*. La metáfora del pensamiento lateral es “cuando se enfrenta a un problema u obstáculo, no hay que cavar más profundo, sino cavar en otra parte”. De Bono también emplea una metáfora que lleva a enfoques específicos del pensamiento, propone los “seis sombreros para pensar”.⁵⁵ “Estos sombreros se refieren a los modos de pensamiento. El sombrero blanco representa una perspectiva neutral que le permite al individuo recopilar y utilizar datos e información en términos de hechos, de reflexión objetiva, de números. El sombrero rojo simboliza las emociones, juicios de valor, intuiciones, afecto, los sentimientos y las corazonadas. El pensamiento con el sombrero negro encarna los modos críticos de pensar, lo negativo, destaca riesgos, analiza el por qué de un enfoque que pudiera no funcionar, o los puntos débiles de un plan. El sombrero amarillo constituye un pensamiento con perspectiva optimista, claro, eficaz, y constructivo, enfatiza los beneficios de un enfoque o solución. El sombrero verde busca alternativas, soluciones creativas, las ideas que se generan no se critican. Por último, el pensamiento con el sombrero de color azul o “metapensamiento” cubre el proceso de pensar y mantiene una visión en busca del pensamiento que falta. Una variante de los sombreros son los seis pares de zapatos para la acción de De Bono, en donde el autor propone una forma de pensamiento y una acción determinada.”⁵⁶

Imaginación

La imaginación consiste en ver lo imposible o irreal. La creatividad emplea la imaginación para liberar el potencial de las ideas existentes, con el fin de

problem-solving, and the process of reaching goals. Los Altos, CA: William Kaufmann, Inc. 1981.

⁵⁵ De Bono E. Seis sombreros para pensar. Ediciones Juan Granica , México. 1988.

⁵⁶ De Bono E. Seis pares de zapatos para la acción. Una solución para cada problema y un enfoque para cada solución. Editorial Paidós. México. 1994.

crear nuevas ideas. La innovación toma las ideas existentes de ellos y las mejora en forma medible y reproducible.

La imaginación tiene cuatro características:⁴ 1) La riqueza de detalles o vivacidad; 2) La riqueza de variaciones o la cantidad de opciones que se dan con un tipo de pensamiento; 3) Los diferentes enfoques que se logran al mirar o pensar en un tema; 4) la fantasía, al describir algo nuevo.

De la imaginación dependen dos procesos de fluidez del pensamiento, el *continuar* y *relacionar*. Continuar se refiere a la fluidez de una idea tras otra y relacionar tiene que ver con el proceso de conectar con otro tipo de ideas.

Tipos de preguntas de investigación

Las preguntas útiles en investigación son las de aislamiento de factores que buscan identificar el fenómeno y sus propiedades.⁵⁷ Las preguntas relacionadas con los factores buscan información sobre el fenómeno y pretenden determinar las relaciones entre los factores. Las preguntas relativas a la situación son del tipo ¿qué sucederá si ...?, este tipo de preguntas habitualmente se relacionan con diseños del tipo experimental o diseños de ensayos clínicos. Los ensayos clínicos tienen un proceso en el cual las preguntas de investigación son diferentes de acuerdo con la etapa. En la primera etapa se usan animales de laboratorio. Esta etapa puede durar de 4 a 5 años y las preguntas están relacionadas con el “qué”. Las siguientes etapas del proceso, fases I a III, están vinculadas a menudo con preguntas del tipo “cómo” “cuándo” y “dónde”. La fase III se realiza en cientos a miles de pacientes, pero no necesariamente debe de ser en grandes muestras, pueden llevarse a cabo en muestras pequeñas, por ejemplo, diseños de ensayos aleatorios comparativos, en donde el grupo control es un placebo, o donde los grupos son paralelos,

⁵⁷ Weekes DP. Developing a research question: where to start? J Pediatr Oncol Nurs. 1992;9(4):187-91.

o factoriales, y cruzados,⁵⁸ aquí las preguntas comunes son ¿qué? y ¿por qué? Por último, otro tipo de preguntas que están más relacionadas con la innovación son: ¿Cómo puedo hacer que suceda? ⁴ este tipo de pregunta se relaciona también con la transformación de una idea en un producto nuevo o mejorado, que puede cubrir una necesidad concreta y que supone un cambio económico, nos referimos a la innovación.

⁵⁸ Cornu C, Kassai B, Fisch R, Chiron C, Alberti C, Guerrini R, *et al.* Experimental designs for small randomised clinical trials: an algorithm for choice. *Orphanet J Rare Dis.* 2013;8:48.

5. Repensando la construcción de hipótesis en la investigación científica

*Eduardo Lorenzo Pérez-Campos, Edgar Zenteno Galindo,
Abraham Majluf Cruz, Laura Pérez-Campos Mayoral*

La palabra investigar proviene de latín *investigare*, de *vestigium*, en busca de una huella; en inglés el término *research* proviene de *re* (*again*) de nuevo y *search* descubrir algo. Para C. C. Crawford investigar representa:

La investigación es simplemente una técnica sistemática y refinada de pensamiento, que emplea herramientas especializadas, instrumentos y procedimientos para obtener la solución de un problema, en la forma más adecuada posible bajo los medios ordinarios. Comienza con un problema, recopila datos o hechos, analiza estos críticamente y llega a decisiones basadas en la evidencia real. Evoluciona del trabajo original en lugar de un mero ejercicio personal. Evoluciona desde un deseo genuino de saber en lugar de un deseo de probar algo. Es cuantitativo, buscando saber no solo qué, sino cuánto, y la medición es, por lo tanto, una característica central de ella.⁵⁹

El proceso de investigación científica se materializa empleando el modelo de razonamiento hipotético-deductivo, sin embargo, como Popper señala, existe un serio error lógico, una hipótesis solo puede ser rechazada, nunca puede ser confirmada.⁶⁰ Si una teoría o hipótesis concuerda con los hechos, ésta, todavía puede ser falsa, ejemplo, se ha probado en numerosas poblaciones

⁵⁹ Yogesh KS. Fundamentals of research methodology and statistics. New Age International (P) Limited, Publishers. 2006

⁶⁰ Groen GJ, Patel VL. Medical problem-solving: some questionable assumptions. Med Educ. 1985;19(2):95-100.

que la hipercolesterolemia está relacionada con la enfermedad coronaria, sin embargo, hay casos de hipercolesterolemia familiar con infarto cerebral, pero sin enfermedad coronaria.⁶¹

“Si somos conscientes de que no operamos inductivamente, que no podemos establecer firmemente una hipótesis, ni siquiera afirmarla probabilísticamente, “seremos presuntamente más humildes en nuestra actitud y buscaremos más los errores en las teorías que sus fáciles ejemplos confirmadores” (Banegas, 2000).⁶²

Pero, también tenemos la necesidad de ser conscientes de que algunos hechos soportan la antítesis de la creatividad, como lo relata Bennett (1968):⁶³ “cuando un científico cuestiona suposiciones básicas de una ciencia está abogando por su propia autodestrucción”. Como ejemplo, durante el siglo XVIII la Academia de Ciencias Francesa negó tercamente la evidencia de la caída de los meteoritos. Porque el dogma científico prevaleciente no permitía la existencia de meteoritos; la formulación de lo nuevo puede ser subversivo a los conocimientos existentes. Una diferencia práctica de una persona creativa con un innovador, es que este último, se ajusta más a menudo a los esquemas preconcebidos, por lo que recibe habitualmente los elogios de su profesión. Por ello, los investigadores creativos deben estar preparados para lidiar con sus resultados creativos contrarios al *statu quo* y, por tanto, deben estar dispuestos a “apostar” sus propias “vidas intelectuales”.⁵ Adicionalmente, aunque el científico quiera construir sus hipótesis con libertad y sin prejuicios de ideas preconcebidas, esto, es un ideal insostenible, ya

⁶¹ Ihara Y, Nobukuni K, Namba R, Kamisaka K, Kibata M, Kajinami K, Fujita H, Mabuchi H, Shirabe T, Ohshima K, *et al.* A family of familial hypercholesterolemia with cerebral infarction and without coronary heart disease. An unusual case with corneal opacity, polyneuropathy and carpal tunnel syndrome in the family: therapy with probucol and tocopherol nicotinate. *J Neurol Sci.* 1991;106(1):10-8.

⁶² Banegas JR, Rodríguez Artalejo F, del Rey Calero J. Popper y el problema de la inducción en epidemiología. *Rev Esp Salud Pública* 2000;74:327-339.

⁶³ Bennett AM. Science: the antithesis of creativity. *Perspect Biol Med.* 1968;11(2):233-46.

que las ideas permanecen arraigadas, los científicos, construyen sobre marcos ideacionales.

Otro problema que está afectando a los investigadores es que hoy en día, el éxito de los científicos a menudo no se mide por la calidad de sus preguntas, o si sus hipótesis de investigación son creativas, o por el rigor de sus métodos. En cambio, el éxito se mide por la cantidad de dinero que ganan, la cantidad de estudios que publican y cómo promueven sus hallazgos para atraer al público. Como dicen Belluz y col. “¿Será el objetivo de la investigación hacer felices a otros académicos profesionales, o es para aprender más sobre el mundo?”⁶⁴ Por otra parte, hay muchos otros bloqueadores de la creatividad, que pueden afectar a la construcción de problemas y de hipótesis. De Prado describe, entre otros, los siguientes:⁶⁵

- Los miedos y traumas que se acumulan a lo largo de la vida.
- Los deberes, el sentido del deber, las reglas y dilemas que nos imponen o que nosotros permitimos que nos impongan.
- Lo correcto y lo bueno para otros.
- Los tabúes y los mitos.
- Los ejemplos inducidos.
- Las pautas arraigadas de los procesos lógicos.
- El aprendizaje racional y la habituación de la respuesta del pensamiento.
- La organización sistemática del conocimiento.
- La tendencia a evocar y recordar lógicamente.
- La autoridad imponente o impositiva del que manda y obliga.
- La sanción y la aprobación social.

⁶⁴ Belluz J, Plumer B, Resnick B. The 7 biggest problems facing science, according to 270 scientists 2016. [<https://www.vox.com/2016/7/14/12016710/science-challenges-research-funding-peer-review-process>]

⁶⁵ de Prado D. Multibloqueadores y activadores de la creatividad, la expresión y las multimentes creadoras. Asociación Educreate. IACAT-CI. Santiago de Compostela [<http://educreate.iacat.com/>]

- La frustración ante el proceso creativo, respondiendo con negación, racionalización, o nueva perspectiva.⁶⁶

Postulados e hipótesis

Lo postulados son creencias de trabajo que los investigadores hacen y no están comprobados; se aceptan para el descubrimiento de otros hechos. A diferencia de las hipótesis, son declaraciones presuntivas de una proposición que el investigador intentará probar.¹

En la redacción de una hipótesis se deben de tomar en cuenta los siguientes principios¹: 1) Se debe de estructurar en consideración al marco teórico; 2) Redactarla en forma simple, empleando el razonamiento deductivo; 3) Considerar los métodos de verificación y control; 4) Asegurar que la muestra o población de estudio, sea fácilmente accesible; 5) Definir en forma precisa las diferentes variables involucradas en el estudio; 6) Redactar varias hipótesis con diferente enfoque; 7) Valorar si la hipótesis propuesta es realizable, si tiene lógica, o evidencia empírica y si es creativa.

La hipótesis, la especulación y la provocación

Entre las destrezas del pensamiento creativo están el desarrollo de hipótesis, la especulación y la provocación.⁶⁷ La hipótesis del latín tardío *hypothēsis* significa “suposición”, y del griego antiguo *hypó*, (*ὑπό*) “debajo” y *títhēmi*, (*τίθημι*) “colocar, poner”, sufijo *-sis* (*-σις*) “acción”. La hipótesis es una proposición escrita que afirma, que es probada o refutada por datos válidos y

⁶⁶ Sapp D. The point of creative frustration and the creative process: A new look at an old model. The Journal of Creative Behavior. 1992; 26: 21–28

⁶⁷ De Bono E. Cómo enseñar a pensar a tu hijo. Paidós. México.1994.

confiables, y que predice una relación particular entre dos o más variables.^{68,69} La especulación es un pensamiento, meditación o reflexión sin atender a una base real.⁷⁰ Las palabras “especulación creativa”, llevan a pensar de entrada en la conjetura; sin desviarse mucho del trabajo científico es posible tomar estas especulaciones y hacerlas realidad. En el empleo de la especulación es importante no perderse en el futuro, se requiere que exista un puente entre la percepción del mundo y el elemento ficticio del concepto, un “puente perceptivo” que se pueda manipular cuidadosamente para provocar una reacción, para un futuro especulativo.⁷¹ Por ejemplo, en la obra *Víctor Frankenstein* de Mary Shelley (1797-1851), la investigación científica sobre la “electricidad animal” que movía los músculos de la rana, de Luigi Galvani, y en el trabajo de galvanismo de Erasmus Darwin (1731-1802), estos principios se usaron para recrear los métodos del Dr. Frankenstein y darle vida al monstruo. Esto le dio a la novela una validez y credibilidad contemporáneas.

El uso reflexivo de las preguntas es la actividad por excelencia de un maestro creativo, la provocación debe incomodar a uno mismo, en autoprovocación, o a otros a pensar en forma significativa para la persona, los métodos provocativos deben ser breves, concretos, contener solo uno o dos temas a la vez para una reflexión enfocada y, desde luego, tener un toque personal, pues a decir de Mills: “el conocimiento sin significado personal es pasivo, mientras que la creencia, sin conocimiento es ciega”.⁷²

⁶⁸ Bailey, Kenneth D. *Methods of social research*, 3rd ed. Nueva York: The Free Press. 1978.

⁶⁹ Grinnell, Richard, Jr. *Social Work Research and Evaluation*, 3rd. ed. Itasca, Illinois, F.E. Peacock Publishers, 1993.

⁷⁰ Oxford University Press. 2017 [<https://es.oxforddictionaries.com/definicion/especulacion>].

⁷¹ Auger J. *Speculative design: crafting the speculation* Digital Creativity, 2013 [<http://dx.doi.org/10.1080/14626268.2013.767276>] .

⁷² Jon Mills. *Better Teaching through provocation*, *College Teaching*, 1998;46:1, 21-25.

Modelos de creatividad

Un modelo científico es una representación abstracta, o conceptual, gráfica, o de sistemas o procesos de un objeto, de una idea, o de un acontecimiento específico, con objeto de analizar, describir, explicar patrones de todas o de la mayor parte de las observaciones, o de simular cómo se comportan los datos de entrada y si predicen los datos de salida.⁷³ Se busca que el modelo sea aceptable y consistente con otros conocimientos, para explicar un fenómeno. No se busca forzosamente si este, está o no en lo correcto.

Entre los modelos del proceso creativo se hallan los modelos morfológicos o estructurales, basados en la estructuración de la inteligencia, o en la teoría general de la estructura de la inteligencia de Guilford (1956). En este tipo de modelos, su componente importante es el pensamiento divergente. Por otra parte, se encuentran los modelos operacionales basados en los trabajos de Wallas (1926), en donde las etapas constitutivas de estos, son el análisis del problema, la generación de hipótesis, la validación de soluciones y la presentación de resultados.⁷⁴ Entre los modelos operacionales están el de solución de problemas de John Dewey, del proceso creativo de Joseph Rossman, y el cuatrifásico de Wallas.¹⁶

Una forma diferente de agrupar los modelos es la que hacen Marín Ibáñez y de la Torre,⁷⁵ ellos los dividen en:

- 1) Explicativos como el psicoanalítico, el gestáltico, asociacionista, conductista, cibernético, humanista, cognitivo, transaccional y el quizaísta de creatividad.

⁷³ Pérez ME, Mazzarella C, Ojeda E. Construcción del concepto de modelo científico mediante una estrategia pedagógica en estudiantes del IPC. Revista de Investigación. 2013; 37(78), 129-144.

⁷⁴ Ruiz RC. Creatividad y estilos de aprendizaje. Tesis doctoral. Universidad de Málaga. [<http://www.biblioteca.uma.es/bbldoc/tesisuma/16703947.pdf>] 2004.

⁷⁵ Marín R, de la Torre S. Manual de la creatividad. Aplicaciones educativas. Ediciones Vicens Vives. 1991.

- 2) Aplicativos como la metodología heurística, el sistema GIN-GO-GAP, el sistema PRIAC, el sistema *Genesa*, el currículum emergente, el IOE, total de Williams, el programa de estimulación creativa de Galicia, y la didaxis quizaísta. Esta clasificación está combinada con técnicas de estimulación creativa.

La razón de haber listado una serie de modelos es que algunos de ellos se acercan mucho a las características de cómo funciona el cerebro en un estado creativo; por ejemplo: la respuesta no-lineal de neurotransmisores como la dopamina,⁷⁶ la respuesta en redes neuronales frontales y estriatales,⁷⁷ y la ideación creativa se correlacionan con la actividad creativa. Esta ideación está relacionada con actividad en presencia de estímulos en las áreas prefrontal y cortical con frecuencias α de 8-12 Hz.⁷⁸

Con esta información, ahora regresamos a comentar dos modelos que pueden explicar las características anteriores. El sistema *Genesa* de Langham (1969), es un modelo tomado de la geometría de una célula biológica con énfasis principalmente en la fase de incubación e imágenes.⁷⁹ Otro que se encuentra muy relacionado con los hallazgos actuales de la neurobiología es el de De Bono, el cual explica la “percepción”, el “hacia”, y el “flujo” de redes neuronales, en donde estas redes “actúan como un sistema autoorganizador que permite que las percepciones se ordenen en estados estables” lo que él llama “lógica fluida”.⁸⁰ Partiendo de lo anterior, emplearemos y ampliaremos

⁷⁶ Akbari CS, Hommel B. More creative through positive mood? Not everyone! *Front Hum Neurosci.* 2012;6:319.

⁷⁷ Zabelina DL, Colzato L, Beeman M, Hommel B. Dopamine and the Creative Mind: Individual Differences in Creativity Are Predicted by Interactions between Dopamine Genes DAT and COMT. *PLoS One.* 2016;11(1):e0146768

⁷⁸ Lustenberger C, Boyle MR, Foulser AA, Mellin JM, Fröhlich F. Functional role of frontal alpha oscillations in creativity. *Cortex.* 2015;67:74-82.

⁷⁹ Menchén B F. El sistema *Genesa*. En: Marín R, de la Torre S. Manual de la creatividad. Aplicaciones educativas. Ediciones Vicens Vives. 1991.

⁸⁰ De Bono E. *Lógica fluida*. Paidós. México.1996.

el “análisis morfológico”,⁸¹ como una técnica *combinatoria* o de matrices del análisis factorial como práctica de la estimulación creativa, para encontrar hipótesis resultado de procesos creativos.

Hipótesis creativa

¿Qué hacer para que una hipótesis tenga un fuerte componente creativo? Para contestar esta pregunta vamos a emplear, como decíamos anteriormente, el “análisis morfológico”,⁸² adicionado de varias técnicas de estimulación creativa.

En el entendido de que ya formulamos o definimos un problema, ahora vamos a emplear un modelo e implementar técnicas de estimulación de la creatividad para desarrollar la hipótesis.

Ejemplo 1:

Las variables de decisión para el problema, ¿qué propuestas creativas puede usted proponer para encontrar un nuevo tratamiento para los pacientes con un cáncer como el glioblastoma? Este es un tumor cerebral, muy agresivo y con una heterogeneidad importante a nivel molecular. Se sabe que una variedad de opciones no da los resultados esperados.⁸³ Recientemente en cuanto a antivirales se ha propuesto el empleo de interferón de tipo I, debido a que inhibe la proliferación de células madre de glioblastoma.⁸⁴ Por otra par-

⁸¹ Marín IR. El análisis morfológico. En: Marín R, de la Torre S. Manual de la creatividad. Aplicaciones educativas. Ediciones Vicens Vives. 1991.

⁸² Zwicky F. The Morphological Approach to Discovery, Invention, Research and Construction. En: Zwicky F, Wilson AG (eds) New Methods of Thought and Procedure. Springer, Berlin, Heidelberg. 1967.

⁸³ Perez-Campos E, Perez JA, Mayoral LPC, Velasco IG, Cruz PH, Olivera PG. Why not change classical treatments for glioblastoma in elderly patients? World J Exp Med. 2013; 3(4): 50-55.

⁸⁴ Du Z, Cai C, Sims M, Boop FA, Davidoff AM, Pfeffer LM. The effects of type I interferon on glioblastoma cancer stem cells. Biochem Biophys Res Commun. 2017;491(2):343-348.

te, experimentalmente, se han evaluado agentes como el cidofovir que tiene actividad antiviral contra citomegalovirus y además potencial actividad antineoplásica en células infectadas con citomegalovirus.⁸⁵ Otro antiviral que incrementa el efecto citotóxico contra las células de glioblastoma es la ribavirina, en particular cuando se combina con temozolomida y radiación,⁸⁶ Por último, otro antiviral, el valganciclovir, tiene cierto efecto benéfico en estos pacientes.⁸⁷ También se han descrito varias otras opciones terapéuticas como la inmunoterapia con vacunas⁸⁸ y la terapia con virus oncolíticos del tipo parvovirus.⁸⁹ Ahora, si nos “enfocamos” en antivirales, y los incorporamos en una matriz, solamente los antivirales, ciertamente que podemos hacer “combinaciones” de tratamientos antivirales, o incluso emplear en nuestra hipótesis, los tres antivirales (cidofovir, ribavirina, valganciclovir) y el interferón de tipo I. Desde luego, estamos acotando e infiriendo un papel importante a un virus y hemos dejado aparte otros enfoques, quizá también muy importantes. Una hipótesis en este caso pudiera quedar así:

La combinación de tres antivirales, cidofovir, ribavirina, valganciclovir con interferón de tipo I en forma simultánea, tiene algún efecto benéfico (mejor calidad de vida) en los pacientes con glioblastoma.

Es posible “jugar” con las variables para mejorar una hipótesis de investigación. Con este propósito se puede emplear la técnica SCAMPER, que implica sustituir, combinar, adaptar, modificar o magnificar, proponer otros

⁸⁵ Hadaczek P, Ozawa T, Soroceanu L, Yoshida Y, Matlaf L, Singer E, Fiallos E, James CD, Cobbs CS. Cidofovir: a novel antitumor agent for glioblastoma. Clin Cancer Res. 2013;19(23):6473-83.

⁸⁶ Volpin F, Casaos J, Sesen J, Mangraviti A, Choi J, Gorelick N, et al. Use of an anti-viral drug, Ribavirin, as an anti-glioblastoma therapeutic. Oncogene. 2017;36(21):3037-3047.

⁸⁷ McFaline-Figueroa JR, Wen PY. The viral connection to glioblastoma. Curr Infect Dis Rep. 2017;19(2):5.

⁸⁸ Kong Z, Wang Y, Ma W. Vaccination in the immunotherapy of glioblastoma. Hum Vaccin Immunother. 2017 :0.

⁸⁹ Geletneky K, Hajda J, Angelova AL, Leuchs B, Capper D, Bartsch AJ, et al. Oncolytic H-1 Parvovirus shows safety and signs of immunogenic activity in a first phase I/IIa Glioblastoma Trial. Mol Ther. 2017. pii: S1525-0016(17)30378-7.

usos, eliminar o minimizar y reordenar o invertir, o el acrónimo ampliado ESCAMPERIFURIE (incorporando algunas técnicas de De Bono) que se basa en E = Enfocar; S = Sustituir; C = Combinar; A = Adaptar; M = Modificar o magnificar; P = Proponer otros usos; E= Eliminar o minimizar; R = Reordenar o invertir; I = Inducir, instigar o provocar; F = Fundir, fluir o mover; U = Humor sin H; R = Realismo mágico o fantasía; I = Integrar todos los factores; y E = Evaluar.

En la misma provocación se puede realizar: inversión, exageración, distorsión, deseo (¿no sería bueno que...?), buscar alternativas, metamorfosis y sinéctica en busca de analogías, entre otras. Al final, esperamos obtener el mayor número de hipótesis paralelas. Para terminar, antes de enfocar, se requiere estar atento y seguir las pistas.⁹⁰ El científico requiere confirmar que está en un error, y para ello “hay que seguir las pistas” que confirman o descartan pensamientos.

Ejemplo 2:

En un sistema de coordenadas X, Y, Z, lo acotamos y permutamos solamente tres variables, aunque pudiéramos tener libertad, (figura 5.1). De inicio, si se cruzan estas variables, siendo que X1 es enfocar, X2 es combinar, X3 fluir. Y1 es cidofovir, Y2 es ribavirina, Y3 valganciclovir. Z1 es interferón de tipo I, Z2 es inmunoterapia con vacunas Z3 es la terapia con virus oncolíticos del tipo parvovirus (cuadro 5.1).

⁹⁰ De Bono E. El pensamiento práctico. Paidós Plural. México. 1992.

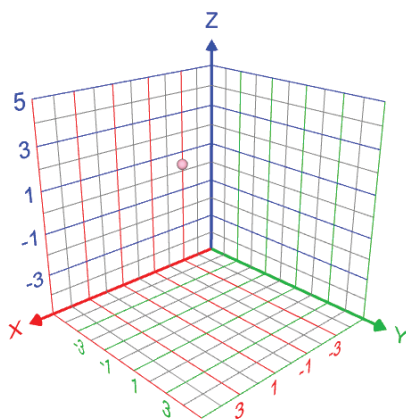


Figura 5.1. Sistema de coordenadas X, Y, Z.

X1Y1Z1	X1Y1Z2	X1Y1Z3
X1Y1Z1	X1Y2Z1	X1Y3Z1
X1Y1Z1	X2Y1Z1	X3Y1Z1
X1Y2Z1	X1Y2Z2	X1Y2Z3
X1Y3Z1	X1Y3Z2	X1Y3Z3
X2Y1Z1	X2Y1Z2	X2Y1Z3
X3Y1Z3	X3Y1Z2	X3Y1Z1
X2Y2Z3	X2Y2Z2	X3Y2Z1
X3Y3Z3	X3Y3Z2	X3Y3Z1
...	...	X3Y3Z3

Cuadro 5.1. Permutaciones de variables acotadas.

Tomemos como ejemplo, la opción que está en el centro del cuadro 5.1, X1Y3Z2, dado que X1 es enfocar, Y3 valganciclovir y Z2 es inmunoterapia con vacunas. Podemos combinar primero el enfoque, si lo hacemos en valganciclovir o en inmunoterapia con vacunas. Lo haremos en valganciclovir. Ahora empleamos de nuevo ESCAMPERIFURIE. Enfocamos en el valganciclovir lo sustituimos por vitamina 1 y quizá tengamos un control,

si lo combinamos puede ser oral e intravenoso, si lo adaptamos, la dosis de acuerdo al tamaño del tumor, si magnificamos, la dosis puede ser dependiendo de la replicación viral del citomegalovirus (CMV), lo proponemos para tratamiento de pacientes con glioblastoma positivos a CMV, lo eliminamos en pacientes en pacientes con hipersensibilidad, reordenamos o invertimos el esquema de tratamiento dependiendo del ritmo circadiano, provocamos a los médicos a pensar en nuevos tratamientos de pacientes con este tipo de cáncer o de otros, nos movemos o fluimos con este esquema para otras enfermedades u otros proyectos, nos reímos de nosotros mismos si nuestro director de tesis se enoja de tantas locuras que proponemos, nos imaginamos que vamos a curar el glioblastoma en todos los enfermos del mundo, integramos este modelo para escribir de todas estas opciones, la mejor hipótesis y finalmente evaluamos si esta propuesta es atractiva, simple, entendible, diferente, válida y factible.

6. Estrategias y técnicas creativas en investigación

Eduardo Lorenzo Pérez-Campos, Laura Pérez-Campos Mayoral, Gabriel Mayoral Andrade, Eduardo Pérez-Campos Mayoral, Charlotte Grundy, Edgar Zenteno Galindo

Métodos de estimulación creativa en investigación

Se conoce como estrategia a la serie de acciones pensadas y encaminadas a lograr un objetivo o un fin determinado. Entre las estrategias del pensamiento creativo se pueden considerar las restricciones, las pausas, las asociaciones, la generación de alternativas, la minería de ideas, la provocación y el enfoque, así como al pensamiento divergente.⁹¹ Las estrategias son parte de los procesos del pensamiento e, incluso, con ellas se han elaborado técnicas creativas. Algunos procesos pueden ser muy importantes para el rendimiento creativo, por ejemplo, la recopilación de información es trascendental para el desempeño en las ciencias biológicas, mientras que la combinación conceptual es importante sobre todo para el desempeño en las ciencias sociales.¹ La “relajación” es otro aspecto importante del proceso creativo. Así, algunos de los grandes pensadores poseían gran capacidad para la relajación; por ejemplo, Einstein era un soñador y pasaba gran parte de su tiempo navegando en un lago. Ralph Waldo Emerson disfrutaba de la pesca.

La mayor parte de los modelos del proceso creativo tienen una etapa denominada incubación (véase capítulo 2), ejemplo en el modelo de Wallas (1926).⁹

⁹¹ Mumford MD, Medeiros KE, Partlow PJ. Creative Thinking: Processes, strategies, and knowledge. The Journal of Creative Behavior. Creative Education Foundation, Inc. 2012;46(1): 30–47.

La incubación puede tener efectos tardíos o inmediatos, muchos de estos efectos están establecidos de manera clara, especialmente para la resolución de problemas divergentes,⁹² además, la incubación interpolada, de naturaleza diferente a la tarea objetivo, conduce a efectos más fuertes de incubación en comparación con una actividad interpolada similar a la tarea objetivo.⁹³ Esta etapa del proceso creativo, cuando la mente deambula, corresponde a la activación denominada “red de modo predeterminado” con actividad de varias regiones interconectadas con la corteza prefrontal medial,⁹⁴ la corteza cingulada posterior y lateral, y los lóbulos temporales mediales.

Hay evidencias de que el sueño REM mejora la integración de la información no relacionada para la resolución creativa de problemas,³ por ello, los periodos de incubación, concuerdan bien con el dicho popular de “esta noche voy a soñar conimaginando el problema”, y son una buena estrategia, dentro del proceso creativo. Escribir el problema y dejarlo para la mañana siguiente es una opción para el desarrollo de preguntas e hipótesis creativas.

Ahora tenemos la siguiente pregunta: ¿cuál de todas de mas de 100 técnicas que existen pueden ser de utilidad, para la búsqueda de la pregunta en particular o de la hipótesis creativa en investigación? Hay varias clasificaciones de las técnicas, algunas son individuales y otras grupales;⁹⁵ cuál es la pregunta y cuál es la respuesta;⁹⁶ existen técnicas lógico-verbales y lógico-fantásticas;⁹⁷

⁹² Gilhooly KJ. Incubation and Intuition in creative problem solving. *Front Psychol.* 2016;7:1076.

⁹³ Ritter SM, Dijksterhuis A. Creativity-the unconscious foundations of the incubation period. *Front Hum Neurosci.* 2014;8:215.

⁹⁴ Spreng RN, Stevens WD, Chamberlain JP, Gilmore AW, Schacter DL. Default network activity, coupled with the frontoparietal control network, supports goal-directed cognition. *Neuroimage.* 2010;53(1):303-17.

⁹⁵ CREA NET 2.0. Crea business idea. Manual de creatividad empresarial[http://www.creabusinessidea.com/creativo_noticias_detalle.php?id=172]

⁹⁶ Clegg B, Birch P. Instant creativity. Simple techniques to ignite innovation & problem solving. London and Philadelphia. 2007

las que reconocen e identifican problemas, combinadas, individuales, y grupales.⁹⁸ Entre las técnicas lógico-verbales se identifica el torbellino de ideas, la solución creativa de problemas, las exageraciones, los imposibles y el acrónimo SCAMPER. Ejemplos de las técnicas lógico-fantásticas, son la sinéctica, la analogía y la metamorfosis. Existen métodos basados en la provocación⁹⁹ tal como el estímulo al azar, la discontinuidad, la fertilización cruzada, Po (véase más adelante), analogías, distorsión y exageración, intermedios imposibles, reversiones, metáforas, exposición, y el cambio de problema.

Aquí vamos a comentar varias técnicas que pueden ser de utilidad para estimular la creatividad en investigación, también hacemos una modificación del SCAMPER, en consideración a que pensamos que es importante iniciar con un enfoque de un problema, e incluir estrategias como el humor o la risa, la integración y la evaluación al final del proceso creativo, también presentamos el realismo mágico como otra opción de técnica creativa.

Las preguntas divergentes

Las preguntas convergentes nos llevan a recurrir a la memoria y al reconocimiento, pero por su estructura no son estimulantes y tienen una sola respuesta correcta. Las divergentes, admiten muchas respuestas, tal como la poesía, la fantasía, la metáfora, la imaginación o simplemente pueden tener sentido de humor. Para mayor detalle se puede consultar Tofade (2013)¹⁰⁰ y De Prado (2015).¹⁰¹

⁹⁷ De Prado D. Técnicas creativas y lenguaje total. Asociación Educreate. IACAT-CI. Santiago de Compostela [<http://educreate.iacat.com/>]

⁹⁸ Higgins JM. 101 Creative Problem Solving Techniques: The Handbook of New Ideas for Business. New Management Publishing Company, Inc. 1994.

⁹⁹ Proctor T. Creative Problem Solving for Managers. Routledge, Taylor & Francis Group. 2005.

¹⁰⁰ Tofade T, Elsner J, Haines ST. Best practice strategies for effective use of questions as a teaching tool. *Am J Pharm Educ*. 2013;77(7):155.

¹⁰¹ De Prado D. La Interrogación divergente (ID). Dudo y pregunto, luego existo. Educreate. IACTA-CI, 2015[<http://educreate.iacat.com> – info@iacat.com].

Cuando analizamos las características de las preguntas divergentes, ellas tienen la capacidad de producir una amplia gama de asociaciones para un estímulo dado o para obtener muchas soluciones a un solo problema. No tienen una sola respuesta verdadera, pero cuentan con muchas perspectivas, con ellas se recurre al sentimiento, al inconsciente, a la libre expresión, la fluencia, la flexibilidad, la apertura, la analogía, la memoria e inclusive al dialogo. Algunos autores diferencian las preguntas divergentes, de las preguntas generadas de la lluvia de ideas, éstas resultan en una lista de ideas o puntos de vista. Las preguntas del tipo “escopetazos” poseen varias áreas de contenido sin ningún vínculo en particular.² En las preguntas divergentes suelen emplearse estructuras (preposiciones, conjunciones o sustantivos) del tipo ¿para qué?, ¿por qué?, ¿con qué?, ¿cómo?, y ¿qué?, ¿y si...? (*what if...?*). La pregunta divergente en realidad forma un continuo, porque después de ella hay nuevas preguntas y respuestas encadenadas.¹ En la pregunta o respuesta divergente se pueden emplear palabras aleatorias del tema, del síntoma o del signo, de la molécula, de la estructura, etc., es decir hay que asociar palabras no relacionadas con el tema para avanzar en las siguientes preguntas o movimientos o en las respuestas.¹⁰²

En investigación tienen que considerarse los atributos² al hacer las preguntas, esto es, el problema está compuesto por una serie de subelementos. Se hace necesario que se tome cada uno de ellos, ya que puede estar relacionado con el problema. Ejemplo: ¿Por qué algunas proteínas tienen más enlaces N-glicosídicos y otras O-glicosídicos? Una estrategia útil en la elaboración de las preguntas, es la que refiere Clegg, y es hacer suposiciones desafiantes.³ Las preguntas pueden ser: ¿qué supone o presupone esto?, ¿es esencial, es un requisito clave?, ¿sin esto no funcionaría?, ¿qué pasaría si no fuera cierto? ¿es la vía de activación?, ¿es el agente causal?, ¿y si no fuera?, ¿podría ser? Ya evaluadas las implicaciones del cambio de suposición, se requiere que se alimente con los resultados presupuestos nuevamente a su problema. Se propone que trabaje en una suposición a la vez. La mayoría de los problemas

¹⁰² DON the IDEA. Guy Snyder. 100-Whats of Creativity!.2009.

tendrá varias suposiciones claves, ¿cómo hacer la relación de una suposición al problema real? Se ha identificado que las células en el cáncer de mama poseen características que no tienen las células normales y una diferencia son la adición en la membrana de algunos carbohidratos (glicósidos) y la eliminación de otros, que caracterizan a las células sanas, entonces, una pregunta sería: ¿qué supone usted que ocurra, si se utilizan inhibidores de las enzimas que cortan a los glicósidos como ciclofelitol y sulfonio¹⁰³ para tratar el cáncer de mama?

Asociación de palabras

Por otra parte, la estrategia de buscar una palabra aleatoria es útil en este contexto, siempre y cuando evitemos entrar en un túnel de pensamiento habitual. Esta estrategia o técnica consiste en emplear una palabra al azar y hacer tantas asociaciones como sea posible, desde sustantivos a verbos. En ciencia se prefiere empezar por seleccionar un grupo de palabras del campo de conocimiento del cual se trata, desde luego hay que evitar el uso de las palabras relevantes del tema, es mejor emplear palabras aleatorias. Como un buen ejemplo para aplicar esta estrategia se propone el siguiente problema: Se ha reportado que utilizando un anticuerpo contra proteínas con grupos fosforilados, denominado TPD-43, en tejido cerebral y en plaquetas circulantes es posible discriminar entre enfermedad de Alzheimer y pacientes con otras enfermedades neurodegenerativas como esclerosis lateral amiotrófica.¹⁰⁴ Esta proteína al parecer pudiera tener como otras, alteraciones en el plegamiento, lo cual favorece las lesiones. Por otra parte, hay otras proteínas plaquetarias fosforiladas (como la glucógeno sintasa quinasa-3 β) que son

¹⁰³ Simone MI, Mares L, Eveleens C, McCluskey A, Pappin BB, Kiefel MJ, Houston TA. Back to (non-) Basics: An Update on Neutral and Charge-Balanced Glycosidase Inhibitors. *Mini Rev Med Chem*. [Epub ahead of print] 2017.

¹⁰⁴ Wilhite R, Sage JM, Bouzid A, Primavera T, Agbas A. Platelet phosphorylated TDP-43: an exploratory study for a peripheral surrogate biomarker development for Alzheimer's disease. *Future Sci OA*. 2017;3(4):FSO238.

relevantes en desordenes bipolares.¹⁰⁵ Las palabras a emplear en este ejemplo serán: proteínas plaquetarias fosforiladas y enfermedades neurodegenerativas, entonces esta información podría generar una propuesta que sugiera que “Las enfermedades neurodegenerativas son un grupo de enfermedades relacionadas con la fosforilación de proteínas plaquetarias”.

Distorsión y exageración

Con esta técnica se lleva el problema a los extremos, produce soluciones bastante radicales a los problemas. Ejemplo: Si en el laboratorio una nueva enzima no funciona, probar a una temperatura extrema de -80 grados C, como sucedió para la glutamato deshidrogenasa, que es estable de +90 grados C hasta -85 grados C, o para la beta-glucosidasa que es estable de +90 grados C a -70.¹⁰⁶

Analogías y metáforas

Las analogías y las metáforas se emplean para identificar problemas y generar soluciones. La analogía es una declaración de similitud entre dos cosas diferentes. En muchas situaciones, el uso de analogías facilita nuevas perspectivas a problemas. En la analogía forzada se compara el problema con otra cosa que tiene poco o nada en común. Forzar las relaciones es una de las formas más poderosas de desarrollar nuevos conocimientos, ideas y soluciones. La metáfora es una figura del lenguaje que establece una analogía de significado entre dos palabras o frases, empleando una por la otra. Una metáfora es una figura del habla en la que dos universos de pensamiento diferentes están

¹⁰⁵ de Sousa RT, Zanetti MV, Talib LL, Serpa MH, Chaim TM, Carvalho AF, *et al.* Lithium increases platelet serine-9 phosphorylated GSK-3 β levels in drug-free bipolar disorder during depressive episodes. *J Psychiatr Res.* 2015;62:78-83.

¹⁰⁶ More N, Daniel RM, Petach HH. The effect of low temperatures on enzyme activity. *Biochem J.* 1995;305 (Pt 1):17-20.

vinculados por algún punto de similitud. En el sentido más amplio del término, todas las metáforas son simples analogías, pero no todas las analogías son metáforas.³ Por lo general, las metáforas tratan una cosa como si fuera otra cosa, de modo que se señala un parecido que normalmente no se percibiría.

Los genetistas, biólogos moleculares y periodistas científicos son proclives a enseñar mediante metáforas. Ejemplos, a propósito del genoma, Nelkin: el genoma es “un retrato de lo que somos”, “Nicholas Wade: “en los próximos años deberíamos leer las instrucciones de comportamiento”, James Watson ha anunciado en entrevistas frecuentes que “nuestro destino está en nuestros genes”. Pero también estas metáforas están mostrando el lado oculto de algunos científicos y de las compañías que buscan hacer dinero, y “hablan” de genes valiosos, como un recurso, como bienes, como producto comercial, como dinero.¹⁰⁷

“Dado su papel esencial en el origen, la evolución y el mantenimiento de la vida, es tentador preguntarse si esta cadena de azúcares retorcidos de perlas base de purina y pirimidina es, de hecho, Dios”. G. Henderson, 1998.¹²

Reversión

La reversión es un caso extremo de distorsión⁶, en la cual se invierte realmente el problema. Esto puede ayudar al investigador a “ver” desde un punto de vista diferente. Invertir la declaración del problema proporciona con frecuencia una nueva perspectiva y, por tanto, nuevas ideas. Puede cambiar el sujeto, el verbo o el objeto de la oración y hacer que la oración sea negativa o contraria. Por ejemplo: ¿cómo aumentar la respuesta de TLR (*Toll-like receptor*) mediante la modulación del coreceptor común, el CD14?¹⁰⁸ Se

¹⁰⁷ Nelkin D. Molecular metaphors: the gene in popular discourse. *Nat Rev Genet.* 2001;2(7):555-9.

¹⁰⁸ Raby AC, Labéta MO. Therapeutic boosting of the immune response: Turning to CD14 for help. *Curr Pharm Biotechnol.* 2016;17(5):414-8.

puede revertir a: ¿cómo disminuir la respuesta de TLR y CD14? Al invertir la pregunta, podemos emplear otras técnicas de creatividad, por ejemplo, lluvia de ideas, palabras al azar. Ya generadas más ideas, todas se discuten, hasta encontrar una solución creativa al problema planteado.

Imposibles

Se aceptan soluciones absurdas o imposibles, y todas se registran, aunque sean ideas descabelladas se observan y analizan, luego se desglosan las soluciones más prácticas relacionadas al problema. Si no se encuentran soluciones prácticas o adecuadas, se puede elegir otra de las soluciones absurdas. Una diferencia conceptual importante entre lo imposible y lo fantástico, es que lo imposible no existe y no han existido en la realidad, mientras que lo fantástico, existe en la fantasía, no en la realidad. La fantasía se pueden ejecutar o imaginar en la plástica.

*De Prado: “Seamos realistas, pidamos lo imposible. Pues lo imposible nos muestra tanto lo que se desea o ansía como realizable o posible (dimensión proyectiva) como la limitación de lo existente (dimensión crítica y comprensiva)”.*³

Sinéctica

La sinéctica significa, unir o juntar dos seres u objetos para dar uno nuevo en simbiosis, que cambia su forma, función, origen, sonido, estructura, etc. Ejemplo: espectroscopia infrarroja + videoscopio = videoespectroscopia infrarroja, para la detección de cáncer. La base de la sinéctica son: la analogía, la metáfora⁴, la asociación y las técnicas de excursión⁵. Se puede asociar con actividades incoherentes irracionales y novedosas. Tiene un doble propósito, es “hacer familiar lo extraño” y que “lo extraño sea familiar”. Para hacer

eficiente esta técnica, primero se recopila la información y se analiza, en termino de analogías relacionadas al problema a resolver, de preferencia iniciar con ¿cómo...?, segundo, se emplean otras técnicas creativas, por ejemplo, SCAMPER o ESCAMPERIFURIE para modificar la idea, en tercer lugar, se unen las ideas para crear un modelo de “conflicto comprimido”, y en cuarto lugar, se crean soluciones fantásticas, estas se han descrito como “analogías fantásticas”.¹⁰⁹ Si no se resuelve lo que usted quiere, se pueden emplear los siguientes desencadenantes: sustraer, repetir, combinar, adicionar, transferir, empatizar, animar, superimponer, cambiar la escala, sustituir, fragmentar, aislar, distorsionar, disfrazar, contradecir, parodiar, prevaricar, analogizar, hibridar, metamorfosear, simbolizar, mitologizar, y fantasear. Al finalizar, se permite criticar la propuesta, esta es una diferencia con la lluvia de ideas.

Hay varios tipos de excursión en el proceso de la sinéctica, por ejemplo, la “excursión de imágenes o fantasía”. Una excursión de imágenes para alejarse lo más posible del problema sería “hacer un recorrido imaginario a través de un parque intercelular”; si se hace en grupo, pedirles a los participantes que por un minuto adicionen una parte de la historia de la excursión. Se espera que los miembros del grupo presenten tanto soluciones absurdas, como soluciones sensatas y novedosas,⁶ con estas se trabajará, para una nueva propuesta.

Dos palabras

Para generar nuevas ideas la técnica de las dos palabras emplea “relaciones forzadas” con estímulos relacionados al tema. Los estímulos se obtienen al interaccionar dos palabras, que se encuentren en la declaración del problema. Las etapas a seguir son:⁶ seleccionar dos palabras, por ejemplo, un verbo

¹⁰⁹ Harrington HJ, Voehl F. The Innovation tools handbook creative tools, methods, and techniques that every innovator must know. CRC Press Taylor & Francis Group. 2016.

y un sustantivo, describir brevemente los significados de cada una de estas dos palabras, enfocando en tres a seis palabras clave de esta descripción, **REVISAR REDACCIÓN**. Se sugiere seleccionar la primera palabra de la una lista de palabras clave y combinarla con la primera palabra de la otra lista. Emplear esta combinación como estímulo y escribir las ideas sugeridas. Repetir esta combinación de la primera palabra de la primera lista con la segunda palabra de la segunda lista, hasta que todas las combinaciones posibles se hayan analizado.

Una variante de esta técnica es la denominada “binomio fantástico” de Gianni Rodari, en su “Gramática de la fantasía”,¹¹⁰ *“una palabra sola «re-acciona» sólo cuando encuentra una segunda que la provoca y la obliga a salir del camino de la monotonía”*. Es necesario que las dos palabras sean suficientemente extrañas, como para que provoquen una situación fantástica. Las palabras no se toman según su significado habitual, sino que son liberadas “de las cadenas verbales”. Para que cuando se “lancen, la una contra la otra” produzcan una historia.

Biónica

La biónica es una técnica conocida también como biomimética, biomimetismo o ingeniería de creatividad biónica.⁶ Esta técnica recurre a un tipo especial de analogía que está relacionada con la búsqueda en animales, en plantas, en general en los sistemas biológicos, de objetos, productos y procesos similares, con el argumento de que la naturaleza proporciona pistas con respecto a cómo resolver problemas. Como ejemplos de esta técnica en el campo de la biomedicina están los trabajos que se hacen en ingeniería neuromórfica, como los chips neuromórficos, los proyectos de robótica como “*SpikeFORCE: Real-Time Spiking Neurons for Robot Control*”, los proyectos de

¹¹⁰ Rodari Gianni. Gramática de la Fantasía. Introducción al arte de inventar historias. Imprenta Juvenil. 1983.

rehabilitación del campo visual “CORTIVIS: *Cortical Visual Neuroprosthesis for the blind*”¹¹¹ las retinas de silicona o cócleas, cuyo cableado se basa en redes neuronales reales.

Fraccionar y hacer puente

Fraccionar y “hacer puente” son dos conceptos opuestos. El primero implica separar un problema en sus partes sin tener en cuenta las subdivisiones lógicas, mientras que el segundo implica unir las partes de un problema⁶. Al fraccionar, dividir, segmentar, extraer, un problema o una realidad, las ideas resultantes pueden ser parte o posibles soluciones. El objetivo no es explicar, sino reestructurar, reordenar, es “evitar la inhibición que por su naturaleza conllevan los modelos fijos y los paradigmas”.⁹

DO IT

Este concepto lo desarrolló Robert W. Olson en 1980 en *The art of creative thinking*. Este acrónimo significa definir, abierto (*open*), identificar, transformar. Está orientado a definir problemas; pregúntese por qué existe el problema, tratar de subdividir el problema, puede llevar a una reformulación del problema. Seleccione dos a tres palabras que definan mejor el problema, reescriba el mismo. Debe abrirse a todas las soluciones posibles, a identificar la mejor solución, busque similitudes entre su problema y las cosas que no están relacionadas lógicamente con su problema. Emplear otras técnicas de creatividad, como “biónica”, “dos palabras”, o “fraccionar”, puede facilitar para encontrar una o más hipótesis. Se recomienda utilizar 10 catalizadores, para obtener mas ideas. Enfocar o atender, sostener o apretar, estirar o exten-

¹¹¹ Ros E, José PF, Prieto A, del Pino B. Ingeniería Neuromórfica: El papel del hardware reconfigurable. II Jornadas sobre computación reconfigurable y aplicaciones. 2002 [http://cortivis.umh.es/2002/ingenieria_neuromorfica.pdf].

der, rápido o mover, sorpresa o sorprender, gratis o librar, sintetizar, integrar o componer, fortalecer o reforzar, y sinergia. Finalmente, transforme la idea de la manera efectiva.

Provocación

La técnica de la provocación es fundamental dentro del “Pensamiento lateral” de Edward de Bono, se basa en el principio de discontinuidad del pensamiento.⁹ Él acuñó una nueva palabra, PO, que significa “operación provocadora”; por su parte Roger van Oech lo llamó “golpe en un lado de la cabeza” o “*whack on the side of the head*”. La palabra PO es un instrumento lingüístico del pensamiento lateral, que es disgregador-reestructurador, que prescinde de la emisión de juicios, y de la categorización rígida, que proporciona un escape temporal a la estructura y el pensamiento del lenguaje. Se trata de un modelo que puede actuar sobre otros modelos establecidos y crear uno nuevo. PO yuxtapone dos conceptos ajenos, no confirma ni niega, se emplea como punto de partida para otra idea sin justificación, ejemplo “PO las micropartículas circulantes son la esencia de la vida”.¹¹² La técnica de la provocación se puede emplear en forma individual o como complemento de otras.¹¹³ Se pretende causar una desviación radical del pensamiento, entre los tipos de provocación están:¹¹⁴ 1) Escape/negación de cosas o hechos que se dan por aceptadas, ejemplo, “La desoxirribosa es un componente del DNA”. 2) Reversión, aquí, se invierten las relaciones, como en “escape”, pero más enfocado, por ejemplo, “Las moléculas de RNAm tienen la forma de una doble hélice”. 3) Exageración, los valores se aumentan o disminuyen al extremo. Por ejemplo, “El retículo endoplásmico de los polimorfonucleares es tan

¹¹² De Bono E. El pensamiento lateral. Manual de creatividad. Paidós. México. 1996.

¹¹³ Varela Kilian AP. Adopción de métodos, técnicas y herramientas para la innovación: framework en función de casos reales. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. 2015

¹¹⁴ De Bono E. Creative Thinking “Cheat Sheet” from Serious Creativity. [<https://cseweb.ucsd.edu/classes/fa11/cse118-a/creativity.pdf>]

grande que sirve como una red para atrapar bacterias, red-endoplasmática”.

4) Distorsión de las relaciones normales, en función de tiempo, de orden, de lugar. Por ejemplo, “La información para la síntesis de proteínas proviene del RNA, y se la proporcionan los nucleosomas”. 5) Ilusión, una versión positiva del “escape”. “No sería bueno que el RNAm llevará información a todas las células del organismo, mediante acarreo, por micropartículas”.

ESCAMPERIFURIE

SCAMPER es un acrónimo que propuso Alex Osborne en 1953 y que Bob Eberle desarrolló en 1971. Es una técnica que ayuda a redirigir el pensamiento.²¹ Para que sea útil en investigación nosotros le hemos aumentado unas técnicas desencadenantes, quedando ESCAMPERIFURIE, que significa:

- Enfocar, encauzar, enfilar, encaminar, encuadrar.
- Sustituir, suplir, suplantar.
- Combinar, concertar, coordinar, conectar.
- Adaptar, aumentar, arreglar, acomodar, ajustar, amoldar, adecuar, avenirse, amoldarse, ambientarse, aclimatarse, acostumbrarse.
- Modificar, magnificar, mudar, modular, mover.
- Proponer (otros usos, nuevas funciones), plantear, postular, pretender, procurar.
- Eliminar, excluir, extirpar, expulsar, ejecutar, exterminar, expeler, emanar.
- Reordenar, recrear, recomponer, rehacer, restaurar, reconstruir, reorganizar.
- Inducir, instigar, incitar, invitar, impeler, impulsar, incentivar.
- Fundir, fluir, fusionar, formar, fundar.
- U, humor (sin H).
- Realismo (mágico), realista, reimaginar.
- Integrar (todos los factores), incorporar, incluir.
- Evaluar, estimar.

Consideramos que es importante iniciar con enfocar, y terminar con evaluar. En el capítulo 5 se dio un ejemplo con esta técnica.

“Casi realismo mágico”

Con esta técnica hemos de emplear el simbolismo mítico, con una visión mágica realista clara y precisa con respecto a las acciones de los personajes, tratando de que exista una conexión simultánea del pasado, del presente y del futuro, mostrando la insignificancia del ser humano o del quehacer del mismo. La imagen de los hechos de preferencia hay que relatarlos en forma subjetiva.¹¹⁵

“He soñado, en el hombre honesto, mecánico, culto, electricista, sabio, médico, y lúcido hasta el último momento de su vida y el inicio de su muerte, le pidió a ella se lo llevara, ella, con paciencia esperó a que ordenara todos los pendientes que habían quedado, algunos de ellos dolorosos hasta la médula, problemas de la sangre, problemas de eres, decires, haberes, y teneres. Él, le estuvo pidiendo la muerte más bella que se hubiere imaginado. Por más de cinco años, él, la tocaba cada día con su memoria, con su voz y sus caricias, finalmente ella, acompañada de muchas garzas, unas más hermosas que otras, una de ellas sin alas, otra sin piernas, pero al fin hermosas, y otras más con muchas manos, qué decir de éstas. Por fin ella lo subió sobre la garza más grande, de color azul, de un azul tenue, cambiante entre rosa, y amarillo. Esta garza con manos y cara magistralmente humanizados. Sus manos las colocaba en sus ojos como un visor que todo lo veía, que todo lo entendía, que siempre lo sabía, con esto, ella todo lo decía. Ella pasaba de ser una paloma a una majestuosa águila, como

¹¹⁵ Velásquez CRS. Realismo mágico en la casa de los espíritus de Isabel Allende. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Humanidades. Departamento de Letras. 2005.

una fulgurante estrella, ese viernes descendió sobre su cabeza, ella, lo tomó con sus manos, con mucho cuidado, como si no pesara, lo levantó, lo abrazó, besó y llevó. En realidad, no lo he soñado, lo he vivido, lo vi en la nube, que almacena toda la historia. Esa nube tormentosa y suave que gira y envuelve a todos los humanos. Unas plumas verdes coral, y naranja ocre llegaron a mis manos, tome dos, al tocarlas eran suaves, cristalinas, brillantes, fulgurosas, con movimiento de danza circular, con un sonido suave, pero a la vez con una fuerza vital como la “Oda a la alegría” de Schiller, sí, la escuché, la novena sinfonía de Beethoven. Plumas que escriben ideas. Su espíritu me ha pedido que busque otros usos de la talidomida, ¿la talidomida?, si esa, él quería saber cómo actuaba, mudo me quede, ¿para qué?, ¿por qué y cómo?, ¿no sabía que contestarle! ...quizá por las garzas sin alas y sin piernas... ¿no sabía qué contestarle, ¿Me estará preguntando de la revolución de la talidomida?, los grandes la venden para tener palomas sin alas, desatar a las palomas para picar a los grandes. ¿Me estará preguntando de la cultura de la nueva raza?, tener más y saber menos. O diciendo, de que una de las garzas sin alas es la muerte misma, que inhalamos y exhalamos. Al parecer una de las garzas no tenía cabeza, pero veía, hablaba y pensaba mejor que los humanos, a ella le pregunté ¿cómo morir lúcido, como el hombre honesto?, y contestó “respirando, como el mecánico, culto y sabio”, “inhalando y exhalando”. **Eduardo Lorenzo Pérez Campos**

Esta visión mágica, mítica y simbólica permite ver e imaginar otros conceptos que transgreden la estructura habitual del pensamiento.¹¹⁶ Una técnica, con alguna similitud y más directa es la “Fantasía”,⁶ la cual es una aplicación práctica de la ensoñación. Siéntese y diga, ‘no sería maravilloso si ...’. Imagina que no hay obstáculos, ni límites a sus habilidades. ¿Qué haría? ¿Cómo se vería la solución? ¿Pudiera usted, ahora escribirlo?

¹¹⁶ Badzakova-Trajkov G, Häberling IS, Corballis MC. Magical ideation, creativity, handedness, and cerebral asymmetries: a combined behavioural and fMRI study. *Neuropsychologia*. 2011;49(10):2896-903.

7. Creatividad y poiesis

César Mayoral Figueroa

Es claro que un enunciado como el del título propuesto aquí, puede ser el de una conjunción de términos sinónimos, cuya relación implica que el uno no se aparta del otro, pero también que pueden enunciarse por separado manteniendo su pertinencia de verdad lógica. Sin dejar de reconocer que hay contenido semántico igual en ambos términos, también hay que agregar que poiesis posee además el significado de producción, derivado de *ποιέω*, y que además se refiere al proceso creativo. Justificamos pues con esto el enunciado de este ensayo.

Está suficientemente expuesto y discutido que la creatividad es una facultad que manifiesta un sujeto cuando entrega un producto de características específicas: es un producto que no existía antes, ni se vislumbraba su existencia previa por el sentido común; o un producto modificado de otro preexistente con cualidades novedosas o resolutivas de aspectos pendientes para mejorar su eficacia; o bien un producto que existiendo en la naturaleza no se conocía con anterioridad, aunque sí podía tenerse conocimiento de sus efectos.

Se han enunciado así tres formas de creatividad: la invención, la innovación y el descubrimiento. Ahora bien, cada una de ellas tiene diferentes grados de consideración según la importancia, según la utilidad, según su efecto racional o emocional, dependiendo del contexto en el que surgen. Incluso no es raro que se descubra algo y que no se tenga forma de saber acerca de su posible utilidad en el momento. Vale mencionar el caso de los rayos X, que en su origen mostraron la imagen del esqueleto dando lugar a un uso práctico bien conocido y utilizado ahora; sin embargo, se encontraron nuevas aplicaciones para los rayos X y se hicieron nuevos descubrimientos mediante un proceso de transferencia horizontal o vertical.

Que a veces el descubrimiento sea obra del azar no descarta la facultad de creatividad en una persona. Así se ha mencionado el caso del descubrimiento de la penicilina por un accidente fortuito en el laboratorio del Profesor Fleming, o como en el caso de Madame Curie y los rayos X. Y sí, el azar tuvo su parte, pero era necesario tener las facultades y las capacidades de unos Fleming o de una Curie, en un contexto de indagación de frontera, para ver las implicaciones de tales hechos.

Tal vez el campo en que el que con mayor frecuencia se acepta y se menciona a la creatividad sea el del arte, y ahí está toda (o mucha de) la producción plástica, de la denominada creación literaria (típicamente la poesía), la musical, la arquitectónica, etc.

Hace rato que nos enfrentamos al problema de saber en qué consiste entonces la creatividad y cuáles son sus rasgos. ¿Es adquirida la creatividad?, ¿es innata?, ¿es una facultad de una inteligencia superior?, ¿una persona de inteligencia media puede ser creativa? Problemática que han dado lugar a opiniones, estudios e investigaciones múltiples con resultados muy provechosos, aunque a veces inconsistentes o hasta contrarios o contradictorios.

Se ha propuesto que para el proceso creativo es necesaria una dosis de imaginación y, sin lugar a dudas, se puede aceptar la participación de dicho registro en el proceso creativo. En la “vida mental” nos relacionamos en el mundo, con el otro, con lo otro, desde un campo de intersección, resultante de tres registros: real, simbólico e imaginario (Figura 7.1)

Lo real, lo imaginario y lo simbólico, permanecen en su mayor parte sin integrarse a nuestra vida; un ejemplo muy elemental basta para demostrarlo: el de la lengua. Nos comunicamos con la lengua madre o con varias otras lenguas, pero es imposible dominarlas todas. Lo más probable es que ni siquiera exista persona alguna que conozca, aunque sea de nombre, todas las lenguas del mundo. Del mismo modo, lo real y lo simbólico nos constituyen

en una proporción mínima. Pues bien, nos parece que la creatividad no puede ser atribuida a uno solo o a dos registros excluyendo al otro o a los otros; es muy probable que haya un predominio de alguno de ellos en cada caso particular, como en el del descubrimiento de la penicilina. Sabemos que la contaminación de unos medios de cultivo produjo un obstáculo en el estudio que desarrollaba Fleming, más su cualidad racional e inquisitiva, le hacen *ver* el fenómeno con otros ojos y en lugar de desechar simplemente los cultivos, presta atención a un efecto: que el crecimiento del contaminante impedía el desarrollo del cultivo propuesto y a continuación su capacidad de establecer relaciones simbólicas, lógicas, le hacen ver algo más: la posibilidad de impedir algún crecimiento bacteriano intencionalmente. El primer paso para la antibiótico-terapia estaba dado. Dos elementos convergen en el rasgo creativo de Fleming: el del contexto, que llamamos de descubrimiento y el de las facultades que el investigador poseía junto con un saber del campo que investigaba. Tenía la capacidad de observar hiatos, huecos en el campo del conocimiento que no se tiene habitualmente en otras circunstancias, ni sin una formación previa.

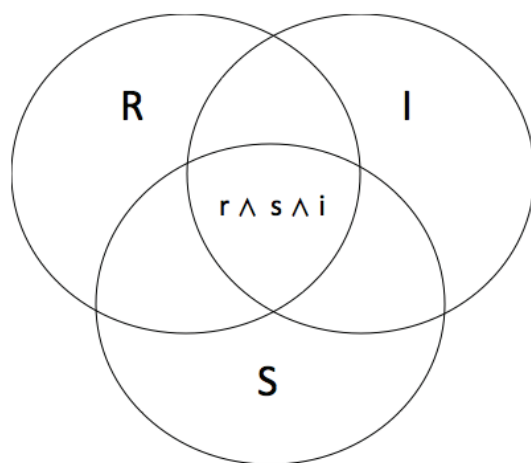


Figura 7.1. Los tres registros: real (R), simbólico (S) e imaginario (I).

Cómo es el proceso mediante el cual funciona la creatividad todavía es un problema del que sólo tenemos intelecciones y conjeturas; no obstante, se pueden afirmar algunos principios ciertos. Vayamos primero con el registro de lo real. Es obvio que una creación se produce en el mundo, no podemos dudar de ella pues tropezamos con su existencia; un poema es un texto escrito, un texto enunciado, un texto aprendido y repetido o rememorado; el telégrafo, el teléfono, las computadoras, etc., son productos concretos de los que estamos seguros que fueron creados, o inventados, que es una forma de la creación. Entonces, la creatividad se realiza en el mundo, en forma concreta, aunque sea en alguna de las formas tan claras a la reflexión filosófica como: lo abstracto, lo concreto o lo abstracto-concreto. Si nos referimos a lo simbólico, los ejemplos sobran: toda la literatura, las artes plásticas. Y en cuanto a la dimensión del registro Imaginario, bastaría con ver que en las mencionadas formas creativas antes mencionadas la imaginación está presente. Tal vez incluso en la base de la creación está la capacidad de imaginar o como se afirma en algún campo aparte, de *imaginarizar*.

Ya hace tiempo que Freud escribió un ensayo fundamental para el estudio del campo que nos ocupa: *El creador literario y el fantaseo*. Nos entrega una clave originaria de la creación poética en el juego de los niños,

“... todo niño que juega se comporta como un poeta, pues crea un mundo propio o, mejor dicho, inserta las cosas de su mundo en un mundo que le agrada”.¹¹⁷

Como también afirma Freud, el poeta, y todo creador, crea un mundo; y puedo aseverar: o una parte del mundo, o modifica una parte del mundo, o descubre una parte no conocida antes. Se me puede objetar si todo creador es un poeta. Y ¿por qué no? Justamente un inventor, un descubridor como cualquier otro creador, produce una novedad en el mundo: *creación y poiesis*, pues.

¹¹⁷ Freud S. O.C. pp 123-135. Vol. IX. Editorial Amorrortu.

También es evidente que todo creador muestra, exhibe un afán, un tesón y un empeño hasta la renuncia a otras actividades cotidianas que para la mayoría serían dignas de todo empeño. También se sabe que tal empeño en el proceso es de sumo agrado para el creador, encuentra en él gran satisfacción. Tal vez valga afirmar, contundentemente, parafraseando a Platón, que, aunque la creación sin una causa, sea imposible, llegar a ser un creador es difícil y bello. Y con frecuencia útil, podría agregarse. También puede anotarse un rasgo importante en el creador: no es una persona satisfecha ni dichosa; es, por el contrario, alguien que percibe una falta, ya sea en sí o el mundo y asume el compromiso de dedicar su vida a cubrir tal falta. En un poema hay un contenido que nos descubre un enigma crucial o nos da una respuesta a un problema crucial de nuestra existencia, de la existencia humana en general. En una invención científica o tecnológica, en un descubrimiento, se perfilan soluciones prácticas para su aplicación en beneficio de la humanidad. Bien puede ser que algunos descubrimientos no tengan utilidad práctica, pero de cualquier modo son muy importantes para el conocimiento actual y con una aplicación futura probable, como es el caso de las ondas residuales del universo, que confirman una teoría sobre la naturaleza de la creación del universo y sobre su edad.

Volviendo al proceso, hoy podemos vislumbrar qué es lo que hace posible la creatividad en las personas si reunimos alguna información de diferentes campos. La creación, en cualquier campo, tiene dos elementos constituyentes como condiciones de posibilidad: las propiedades del cerebro y la facultad o la capacidad que denominamos creatividad. Nuestro problema radica en la relación que existe entre el cerebro y la creatividad. Se sabe bien que al cerebro del hombre se le atribuía una magnitud mayor y, en consecuencia, mayor capacidad intelectual que el de la mujer; un prejuicio sexista, por supuesto. Pero sucedió que al estudiar el cerebro de Einstein, los forenses y científicos constataron que era de peso menor que el del promedio del de las mujeres. Entonces resultaron dos consecuencias: la primera que el volumen cerebral no es definitorio de una inteligencia superior e implica a su vez que un cere-

bro de peso dentro del rango inferior puede tener propiedades y capacidades superiores, y entonces también las mujeres pueden tener la misma facultad. Por lo demás, ya Madame Curie, Mary Shelley y muchas otras mujeres lo habían demostrado. Lo que resultó verdaderamente significativo fue que las conexiones interneuronales eran más numerosas que en el promedio de los cerebros, independientemente del género a que pertenecieran. Entonces, hoy podemos afirmar que la plasticidad cerebral en su función de producción de más conexiones y de producción de mediadores químicos que favorece la transmisión neuronal, es una función de la creatividad y de su consecuencia y efecto: la creación.

También puede tenerse ya, aunque sea lejana, una noción del proceso creativo. Como ya se afirmó es necesaria una formación rigurosa y un conocimiento profundo dentro de un campo del conocimiento, por una parte, y una capacidad y propiedades cerebrales que posibiliten complejas relaciones neuronales. Puede objetarse que muchos creadores, dentro del arte específicamente, no tuvieron la formación mencionada en primer lugar. A esto respondo que ello demuestra que tal formación y saber erudito, si bien pueden ser necesarios, no son indispensables ni *conditio sine qua non* para la creación, y nos queda la segunda cualidad, que muchos han resumido, en una palabra: talento, o sea, las cualidades del cerebro del creador. Los estudios recientes de la neurofisiología del cerebro han demostrado que la reorganización de los contenidos de la experiencia humana almacenados en el cerebro, se hallan en la forma de significaciones y que estas significaciones no ocupan un sitio único y exclusivo en el cerebro, sino que un mismo significado ocupa sitios diferentes y a veces muy distantes, mezclándose con otros de igual propiedad. Si lo vemos desde la perspectiva de la semiótica tal vez resulte un poco más claro y evidente. Toda la información que recibe el cerebro puede considerarse como formada por elementos que a su vez son unidades compuestas. Digamos que al aprender algún saber, las palabras son portadores de un significado; dichas palabras son los signos lingüísticos, constituidos por la parte sonora, hablada, la palabra propiamente dicha, que es el denominado

significante; el cual llega al cerebro por el oído o por la vista y se instala ahí como una huella mnémica que puede ser indiferente y perdurar sólo un momento; o bien puede relacionarse con una experiencia, a algún afecto y entonces tener una repercusión con efectos en la conciencia de una persona. Es simple el proceso, pavloviano; se puede relacionar tal significante con una respuesta funcional o afectiva. La imagenología ha demostrado que al escuchar una persona un significante puede verse la activación de diferentes áreas del cerebro; por ejemplo, la palabra “hijo”, produce una respuesta en el área temporal y, además, otra activación occipital y aún una en el tálamo. Es decir, que simultáneamente, ante la palabra “hijo” se activan: el área del lenguaje, el área de la visión y el área de los afectos. El estudio publicado por *Nature*,¹¹⁸ así lo demuestra. Y a esto hay que agregar, que el significante no es sólo el elemento registrado, sino también el significado: es un mapa semántico, afirma el estudio. Ahora es fácil comprender que mayor número de conexiones cerebrales posibilitan mayor número de relaciones semánticas y la puesta en acto de la tercera operación mental: el raciocinio, el razonamiento, que de manera estricta, lógicamente hablando, dará lugar a conclusiones que pueden ser originales, inéditas. Pues ahora agreguemos la facultad de fantasear y el panorama se aclara un poco más. Como una computadora; comparen ustedes lo que hacía la primera computadora que ocupaba el espacio de un piso en un edificio y lo que puede realizar hoy un teléfono móvil. La diferencia es entre unos cientos de megabites a varios terabites. Un cerebro está en el orden de estos últimos, y aún los rebasa, solamente que faltan los otros ingredientes mencionados.

Referiré a continuación algunas muestras de la literatura y una explicación general de por qué se las considera *creaciones*, aunque con una disculpa ya que algunas son autorreferenciales. Pero por eso mismo constituyen un testimonio que produce trascendencia, una vivencia de ubicarse afectivamente

¹¹⁸ Huth AG, de Heer WA, Griffiths TL, Theunissen FE, Gallant JL. Natural speech reveals the semantic maps that tile human cerebral cortex. *Nature*. 2016;532(7600):453-8.

en un más allá de la vida cotidiana. Primero, del chileno Vicente Huidobro una estrofa de su poema *Altazor*:¹¹⁹

*“Mi gloria está en tus ojos
Vestida del lujo de tus ojos y de su brillo interno,
Estoy sentado en el rincón más sensible de tu mirada
Bajo el silencio estático de inmóviles pestañas
Viene saliendo un augurio del fondo de tus ojos*
Y un viento de océano ondula tus pupilas”*

El poeta y todo aquel que lee el poema pueden hacer suyas las palabras para expresar el sentimiento de la suprema dicha que radica en el ser amado; una dicha sublime cuya dimensión sólo puede aprehenderse con la metáfora “*vestida del lujo de tus ojos*”; el protagonista se halla a la vista de su amada, aunque en soslayo, con la generosidad del amor verdadero, que no pretende ocupar *todo* el campo visual del otro. Luego, para dejarnos en medio de la realidad de la incertidumbre que es parte de nuestra vida, los tres últimos versos anticipan la posibilidad de la pérdida o de la tragedia, “*un augurio del fondo de tus ojos*”, que hará sumir en llanto a uno u a ambos, llanto que se prefigura con las palabras “*y un viento de océano ondula tus pupilas*”. No sólo es la dimensión estética del placer o del goce de la forma poética, sino más importante lo es el poder evocativo de su contenido semántico. Y ya que lo menciono, reitero los dos aspectos de la creación poética: el de la forma, producto del dominio del oficio, y el del fondo o contenido, que he llamado trascendental. A continuación, un haiku (poema japonés breve):

*Vuelan los pájaros
No puedo oír sus voces
Ellos me ignoran.*¹²⁰

¹¹⁹ Calderón A. Antología de la poesía chilena contemporánea. Ed. Universitaria, Chile. 1971.

¹²⁰ Mayoral, C. En Haiku en Oaxaca. Ediciones de El Colegio de Oaxaca. p 45. Oaxaca. México. 2015.

En el mundo, frente a la naturaleza, una vivencia de existencia y presencia frente al otro, representado aquí por los pájaros, la situación de imposibilidad de escuchar sus voces, de distancia insalvable y de aislamiento e indefensión absolutas: “*ellos me ignoran*” leemos. ¿No es esta acaso la dimensión trágica de la vida ante la imposibilidad de ser alguien para otro, con su vivencia de la soledad de una partícula perdida en el universo?

Otras veces, un texto no parece claro y coherente, hasta la huida. Son casos muy complejos que deben hacernos reflexionar en la complejidad de la expresión como representante o portadora de más complejas significaciones. He aquí únicamente los dos primeros renglones de la novela *Finnegans Wake* de James Joyce:

*“riverrun, past Eve and Adam’s, from swerve of shore to bend of bay,
brings us by a commodius vicus of recirculation back to Howth Castle
and Environs”*¹²¹

Por principio de cuentas, la primera palabra tiene la inicial minúscula, como si fuera parte de un texto al que continúa; viene después de algo no dicho antes en el cuerpo de la novela, y este primer término es un neologismo, “*riverrun*”, que aglutina dos palabras del inglés: *river* y *run*; río y correr, o *corridor*, que en la traducción de Salvador Elizondo¹²² es una alusión al río Liffey en Dublín. Personalmente elegiría otro neologismo en español para su traducción como *corridor*, que tendría las mismas resonancias. Luego, la extremadamente sintética frase “*past Eve and Adam’s*” nos remite a la pareja originaria del antiguo testamento, a la dualidad sexual de la misma, a la expulsión del paraíso y, a la vez, a la familiaridad del templo de Adán en el mismo Dublín. Otros términos tienen un significado atribuido por *quasi* homofonía, como *commodious* y *vicus*, que remiten a comodidad y camino. Es una suerte de criptografía adecuada para contener un mensaje pleno de

¹²¹ Joyce, J. *Finnegans wake*. Joyce, James Editorial. Oxford University Press, USA.

¹²² Elizondo S. Casa del tiempo. Num. 89, p 53. UAM. 2012.

resonancias y reminiscencias, que el lenguaje cotidiano no alcanza a aprehender. El lector puede imaginar lo que se puede esperar en el resto del libro.

Un último ejemplo de la magnificencia poética nos lo ofrece el peruano César Vallejo¹²³ de quien transcribo aquí parte de su poema *Espergesia*, que describe toda una posición existencial en los dos primeros versos que luego se repiten como estribillo a lo largo del poema:

*Yo nací un día
que Dios estuvo enfermo.
Todos saben que vivo,
que soy malo; y no saben
del diciembre de ese enero.
Pues yo nací un día
que Dios estuvo enfermo.*

La figura del estribillo nos entrega la creación del poeta en una constitución plena de todas las desgracias o de todos los infortunios posible, sin posibilidad de redención. Al final el estribillo se completa, en una redundancia infinita para acentuar las penas del ser humano:

*Yo nací un día
que Dios estuvo enfermo,
grave.*

Si dios estaba enfermo el día del nacimiento (y de la concepción, agregaría yo) es así como se nos representa la condición trágica del poeta (o de cualquier persona), imagínense la dimensión de las consecuencias, cuando se nos dice que dios estaba grave. Cualquier enfermo grave está a las puertas de la muerte, o por lo menos, sin garantía de vida o con pocas esperanzas de sobrevivir. ¡Qué no será el caso si se trata de un dios a quien se toma por eterno,

¹²³ Vallejo C.. Obra poética completa. Francisco Moncloa editores, Lima, Perú. 2009.

infinito y que está en trance de morir! Todo el poema es una declaración de una presencia martirizada, con plena conciencia de sí y de su destino. Reminiscencias, efectivamente, del sufrimiento extremo, de un martirologio, que se identifica con el calvario del Mesías en su tránsito hacia la crucifixión.

Aun en poemas amorosos, la vigencia de una identificación religiosa se halla presente como cuando para decirle a su amada que el acto que ella hace con su entrega, tiene la dimensión de un reconocimiento equiparable al sacrificio del Cristo que se inmola “para que se cumpla lo que estaba escrito”, como rezan las escrituras. De modo que Vallejo inicia el poema con estas palabras:

*Amada, en esta noche tú te has crucificado
sobre los dos maderos curvados de mi beso;
y tu pena me ha dicho que Jesús ha llorado,
y que hay un viernes santo más dulce que ese beso.*

Por lo que respecta a si el creador nace o se hace, nos parece que si nos atenemos a lo dicho al explicar los ingredientes del creador, hemos de aceptar que habrá, como ha habido, tanto creadores que no han tenido la oportunidad de seguir estudios o una formación que se supone fundamental, como creadores que sí la tuvieron, como es el caso típico de un científico de muy alto nivel académico que alcanza gran reconocimiento por sus aportaciones en términos de innovación, de descubrimiento o de invención. Pero, también hemos de aceptar que la posibilidad de creación es inherente a cualquier ser humano en cuanto sea capaz de construir relaciones simbólicas con los recursos acumulados en su cerebro y en respuesta a una insatisfacción, o a una vivencia de la falta, o a su afán por tener una vida original.

Desde luego vale el dicho de que quien tiene hambre no tiene necesidades estéticas, el cual podemos hacer extensivo a la creatividad. Por otra parte,

los estudios de Rausher y Shaw, citados por Mayoral Chávez¹²⁴ nos autorizan a promover o, mejor dicho, a suscitar la creatividad en la formación de los niños y jóvenes, mediante una educación no sólo informativa, sino formativa, crítica, objetiva, sistemática y racional, científica pues, sino también con un acervo humanista en cultura y en valores. Además, habrán de incluirse actividades formativas como las que ofrecen múltiples recursos, ya sea incluyendo lecturas no sólo informativas, sino ejemplares de creaciones; actividades de desarrollo de habilidades intelectuales, como puede ser el juego de ajedrez, el ejercicio sudoku, el influir en la propiedad de plasticidad cerebral a través de la música adecuada como muchas obras de Mozart, y también tocando algún instrumento o cantando. No dejo de lado el ejercicio físico, por supuesto; la frase de Juvenal *mens sana in corpore sano* sigue teniendo vigencia actual. Si países como el nuestro se incluyen dentro del subdesarrollo, dentro del llamado Tercer Mundo, con una gran injusticia social, la observación del entorno en las dos dimensiones, micro y macro, la tarea de buscar esos huecos, esos hiatos que configuran la falta (las fallas) ha de ser parte del malestar para encontrar soluciones, alguna al menos de la dimensión de la creación. Tal es la tarea y así será nuestro destino.

¹²⁴ Mayoral CMA. El efecto Mozart, ¿realidad o ficción?. Conferencia. El Colegio de Oaxaca. Oaxaca. México 2006.

8. Creatividad en biomedicina y biociencias

Wendy Reyna González, Guilebaldo Cruz Cortes,
Laura Pérez Campos Mayoral, Margarito Martínez Cruz,
Eduardo Pérez Campos Mayoral,
Pedro Antonio Hernández Cruz, Jhocelyn González González,
Francisco Javier Reyna González, Abraham Majluf Cruz,
Gabriel Mayoral Andrade, Araceli Hernández Flores,
Eduardo Lorenzo Pérez-Campos.

La creatividad es inteligencia divirtiéndose
Albert Einstein

El concepto creatividad suele relacionarse con las actividades artísticas, musicales y literarias, mucho más frecuentemente que con las actividades científicas. ¿Por qué sucede esto? ¿Pertenecen, acaso, el pensamiento y el acto creativo exclusivamente a la esfera del conocimiento artístico? Reconocemos en la genial obra de Bach una de las genuinas cimas de la creatividad musical. Dante es uno de los representantes destacados de la creatividad literaria con su obra maestra *La Divina Comedia*, cuyo último canto (el *Canto xxxiii del Paraíso*) es identificado por T.S. Eliot (otro ejemplo de genio creativo poético) como “el punto más alto que la poesía haya alcanzado nunca, o que nunca pueda alcanzar”. Incluso al observar cómo las manos de un alfarero anónimo hacen surgir una vasija del barro en el torno, nos sentimos observadores de un momento mágico de creación. Sin embargo, es bastante menos usual identificar una ley científica, un teorema o un descubrimiento como los productos de un pensamiento y/o un acto creativo. Pero, ¿acaso el *annus mirabilis* de Newton no representa una auténtica cumbre de la creatividad humana, en este caso dentro de la esfera del conocimiento científico?

Existen numerosas definiciones y conceptos de creatividad.¹²⁵ Por ejemplo, para De Bono en 1974 es una aptitud mental y una técnica de pensamiento, mientras que para Torrance es el proceso de formar ideas o hipótesis, probarlas y comunicar los resultados.¹²⁶ Howard Gardner (citado por Kelly, 2007) da otro punto de vista: *Un individuo creativo resuelve problemas, modela productos o plantea nuevas preguntas dentro de un dominio, de una manera que inicialmente se considera inusual pero finalmente se acepta dentro de al menos un grupo cultural.*³

El acto de desarrollar un pensamiento personal, basado en una confrontación de la información que recibimos con nuestras ideas y experiencias se asume como un acto de creatividad, a partir de esto podemos crear y descubrir algo novedoso.¹²⁷ Esta propuesta de un sujeto creativo se puede expresar, en cualquier persona y desde cualquier rama del quehacer humano, con una mirada diferente.

El proceso creativo es una de las potencialidades más elevadas del ser humano, el cual implica habilidades del pensamiento que permitan integrar los procesos cognitivos menores y superiores para el logro de una idea.¹²⁸ La creatividad ha existido y existirá siempre como una habilidad del ser humano vinculada con la naturaleza; Weithemer, la enfoca más como un pensamiento productivo que consiste en observar y tener en cuenta rasgos y exigencias estructurales.¹²⁹

¹²⁵ Runco MA, Garrett JJ. The standard definition of creativity. *Creativity Res J* 2012;24(1): 92-96.

¹²⁶ Torrance EP. *The Manifesto: A Guide to Developing a Creative Career*. Westport, Connecticut: Ablex Publishing; 2002.

¹²⁷ Yentzen E. Psicología, educación, filosofía, sociología, pedagogía en Esmok. Teoría General de la Creatividad. [<http://esmok.blogspot.mx/2009/10/creatividad.html> stasia y Aterogeue idad J.stasia y Aterogeue idad

¹²⁸ Pradas Montilla S. *Neurotecnología educativa. La tecnología al servicio del alumno y del profesor*. Secretaría de Estado de Educación, Formación Profesional y UniversidadesCentro Nacional de Innovación e Investigación Educativa. 2017.

¹²⁹ Esquivias SMT. Creatividad: Definiciones, antecedentes y aportaciones. *Revista Digital Universitaria*. 2004; 5: 1-17.

En 1955, Barrón citó que es una aptitud mental y técnica del pensamiento⁶ y en 1965 Torrence la amplió:

*“proceso que envuelve a alguien sensible a los problemas, deficiencias, grietas o lagunas en los conocimientos y lo lleva a identificar dificultades, buscar soluciones, hacer especulaciones, aprobar y comprobar éstas o modificarlas y comunicar sus resultados”.*¹³⁰

Oerter describió a la creatividad como la que representa el conjunto de condiciones que preceden a la realización de las producciones o nuevas formas que enriquecen a la sociedad.¹³¹ Así mismo, Guilford menciona que es la capacidad para generar alternativas de una información dada con un interés relevante en los resultados.⁶ Si bien la ciencia no es una entidad unitaria, las ciencias humanas y sociales develan diversas formas de ser practicadas de acuerdo con esos intereses: el técnico, el práctico y el emancipatorio. Una vez comprendidos estos conceptos, no será difícil mirarlos como organizadores de tipos de ciencia vinculados con los respectivos paradigmas de investigación: las ciencias empírico-analíticas (paradigma positivista), las ciencias histórico-hermenéuticas (paradigma interpretativo o comprensivo) y las ciencias críticas (paradigma crítico), respectivamente. El interés técnico está centrado en la concepción de un mundo que opera de forma mecánica causal, regido por leyes objetivas. En el caso de las ciencias de la naturaleza es evidente que la relación sujeto-objeto es asimétrica por completo, en tanto que las entidades del mundo son mudas y están dispuestas a voluntad del científico. En las ciencias sociales también se da la concepción de la sociedad cuando las relaciones interaccionan entre las instituciones y los sujetos. Tomando el modelo dominante de las ciencias de la naturaleza,

¹³⁰ Martín PMA. – Estudio sobre Creatividad – Intervención global en 1º de ESO. Tesis. Universidad de Valladolid 2015 [<https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/15225/1/TFM-G%20524.pdf>]

¹³¹ Belmonte Lillo VM. Inteligencia emocional y creatividad: factores predictores del rendimiento académico. Tesis doctoral. 2013. Universidad de Murcia. [<https://digitum.um.es/jspui/bitstream/10201/35772/1/TESIS%20V%C3%8DCTOR%20BELMONTE%20LATEST1.pdf>]

a los individuos se le reduce a un dato numérico. El gran fisiólogo y físico Hermann von Helmholtz señaló a finales del siglo XIX que la gestación de una idea novedosa (de un pensamiento/acto creativo, diríamos en el presente contexto) pasa por tres etapas, que él denominó saturación, incubación e iluminación. En 1908 Henri Poincaré añadió una obvia, pero importante cuarta etapa: la verificación.

Entendida la creatividad como producto de la mente humana es razonable pensar que todos los seres humanos están dotados con un potencial creativo al nacer. La conjunción de las capacidades innatas de cada cual y de las circunstancias ambientales específicas que promuevan o dificulten su desarrollo, determinará cuánto dará de sí dicho potencial creativo en cada individuo. En la teoría de la creatividad de Robert Sternberg¹³² se identifican seis características necesarias y esenciales para que emerja el acto creativo: 1) Inteligencia, diferenciando entre inteligencia sintética, analítica y práctica. La inteligencia sintética consistiría en la capacidad de combinar información previa de una forma nueva, de crear a partir de lo preexistente. La inteligencia analítica alude a la capacidad de distinguir entre nuevas ideas con potencial y nuevas ideas en las que no merece la pena trabajar. Finalmente, la inteligencia práctica se referiría a la habilidad para “vender” las ideas propias a las agencias financiadoras, editores, galeristas, empresas, etc. Sin inteligencia práctica, una persona creativa puede resultar incapaz de conseguir los fondos para desarrollar sus ideas y/o puede que sus contribuciones no lleguen a ser reconocidas nunca o sólo lo hagan póstumamente, van Gogh sería el ejemplo paradigmático de un poderosísimo genio creativo con una carencia absoluta de inteligencia práctica. 2) Conocimiento. Sin él no se tiene capacidad para reconocer qué es genuinamente nuevo, corriéndose el riesgo de “reinventar la rueda”. El conocimiento proporciona, además, las habilidades requeridas para diseñar los experimentos, analizar sus

¹³² Sternberg RJ, O' Hara L. Creatividad e inteligencia. CIC (Cuadernos de Información y Comunicación). 2005;10:113-149 [<https://revistas.ucm.es/index.php/CIYC/article/viewFile/CIYC0505110113A/7295>]

resultados o -en su dimensión más técnicas- para emplear los instrumentos y procedimientos requeridos para crear algo nuevo. Sin embargo, un exceso de conocimiento puede bloquear la creatividad proporcionando razones para rechazar nuevas ideas. 3) Un particular modo de pensar. Las personas creativas cuestionan y se cuestionan todo, desafían el saber convencional, los principios establecidos, cuestionan las asunciones y reglas comunes. 4) Fuerte personalidad. Las personas creativas asumen un elevado riesgo al desafiar lo establecido. Son inconformistas por naturaleza. Suelen ser valientes, persistentes, incluso arrogantes. 5) Motivación, tanto intrínseca o personal, en la que disfrutan genuinamente con su trabajo y con los frutos del mismo, como extrínseca; hay quienes usan como motor sus aspiraciones de fama, dinero, promociones, premios u honores. 6) Un contexto ambiental adecuado, un individuo creativo que podría triunfar en un ambiente, en otro ambiente puede convertirse en un trabajador ordinario inmerso en la rutina.

Biomedicina y biociencias

Biociencia, según el diccionario Oxford se refiere a “cualquiera de las ciencias de la vida, mientras que biomedicina es la rama de la medicina relacionada con la aplicación de los principios de la biología y de la bioquímica a la investigación o práctica médica”.¹³³ En la actualidad, la investigación biomédica se usa casi indistintamente con investigación en ciencia médica, es decir, para designar una forma de investigación médica basada en la experimentación en el laboratorio y enmarcada en el conocimiento de las ciencias naturales, tales como la fisiología o bacteriología.¹³⁴ En un sentido amplio, biomedicina, es un término que engloba el conocimiento e investigación

¹³³ Oxford living dictionaries Oxford University Press [<https://en.oxforddictionaries.com/>] 2017.

¹³⁴ Strasser BJ. Biomedicine: Meanings, assumptions, and possible futures. SSIC Report Swiss science and innovation council. [https://www.swir.ch/images/stories/pdf/en/SWIR_1_2014_Biomedicine.pdf]1/2014

que es común a la medicina, la odontología y la salud. En seguida daremos algunos ejemplos relevantes.

Combustible a partir de la luz: la hoja biónica

Un trabajo muy novedoso, trascendente y creativo es el de la “hoja biónica”¹³⁵ del grupo de los doctores Pamela Silver y Daniel Nocera.¹³⁶ Ellos obtienen combustible de la luz solar, para ello diseñaron un biorreactor con un sistema híbrido inorgánico-biológico que utiliza los catalizadores de la hoja artificial en combinación con la bacteria *Ralstonia eutropha*, dióxido de carbono e hidrógeno, producido a través de catalizadores alimentados por corriente eléctrica desde un panel fotovoltaico. Al final el sistema produce combustibles alcohólicos.¹³⁷

Aquí la estrategia creativa, como en todos los casos ejemplificados en este capítulo fue explícita, y al parecer concuerda con una combinación de técnicas de “provocación” con “nuevas funciones” y DO IT.

¡Tenemos colonias!

La revista *Science* ya señalaba la reprogramación celular como el hallazgo estrella de la investigación de 2008. La reprogramación se desarrolló en 2006 en ratones, la técnica posibilita, entre otras cosas, que una célula de la piel o de un cabello se convierta en una neurona o en cualquier otro tipo celular de los 220 que componen nuestro organismo. Ello significa que gracias a la

¹³⁵ Biello D. “Bionic Leaf” Makes fuel from sunlight. *Scientific American*. Feb. 2015

¹³⁶ Liu C, Colón BC, Ziesack M, Silver PA, Nocera DG. Water splitting-biosynthetic system with CO reduction efficiencies exceeding photosynthesis. *Science*. 2016;352(6290):1210-3.

¹³⁷ Biello D. Bionic leaf makes fuel from sunlight, water and air. *Scientific American*. [<https://www.scientificamerican.com/article/bionic-leaf-makes-fuel-from-sunlight-water-and-air1/>] Jun 2016.

reprogramación celular se puede borrar la memoria del desarrollo de una célula, convirtiéndola en un tipo totalmente diferente después de haberla devuelto a su estado embrionario.

El trabajo de cinco años de Shinya Yamanaka y su grupo de investigación en la Universidad de Kyoto en Japón, lo relata Scudellari...¹³⁸ el grito de su estudiante postdoctoral, Kazutoshi Takahashi, en lugar de “eureka” fue “tenemos colonias”. Takahashi había tomado células de la piel de ratones adultos y las había infectado con un virus diseñado para introducir 24 genes cuidadosamente seleccionados, ahora, las células se habían transformado. Se veían y se comportaban como células de tallo embrionario (ES), células “pluripotentes”, pero con la capacidad de convertirse en piel, nervio, músculo o prácticamente cualquier otro tipo de célula”. A estas células las denominó células ‘ES-like cells’, ahora se llaman iPS (*Induced pluripotent stem cell*). En ese mismo año, Takahashi y Yamanaka, publicaron su trabajo de investigación, identificando los genes responsables de la reprogramación de las células adultas: Oct3 / 4, Sox2, Klf4 y c-Myc.¹³⁹ Shinya Yamanaka recibió el Premio Nóbel de Fisiología y Medicina en 2012 junto con el británico John Bertrand Gurdon “por el descubrimiento de que las células adultas pueden reprogramarse para convertirlas en pluripotentes”. El trabajo de estos investigadores ha impulsado la búsqueda de otros muchos proyectos, entre de ellos el “Ensayo de interferencia celular iPS”, para identificar los factores transcripción que inducen perfiles transcripcionales específicos.¹⁴⁰

La estrategia creativa, en este caso, parece concordar con una combinación de técnicas de “reversión” con “nuevas funciones” y DO IT.

¹³⁸ Scudellari M. How iPS cells changed the world. *Nature*. 2016;534(7607):310-2.

¹³⁹ Takahashi K, Yamanaka S. Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors. *Cell*. 2006;126(4):663-76.

¹⁴⁰ Hikichi T, Matoba R, Ikeda T, Watanabe A, Yamamoto T, Yoshitake S, *et al.* Transcription factors interfering with dedifferentiation induce cell type-specific transcriptional profiles. *Proc Natl Acad Sci USA* 110, 6412-6417.

Sorpresa, ¡una enzima!

Arthur Kornberg, después de dilucidar los pasos clave en las vías de síntesis de nucleótidos de pirimidina y purina, encontró la enzima que ensambla los componentes básicos en el ADN, llamada ADN polimerasa I.¹⁴¹

Este grandioso descubrimiento se efectuó tres años después de que James Watson y Francis Crick propusieran el modelo de la estructura del ADN, el cual sentaría las bases para el establecimiento del mecanismo involucrado en la duplicación del material genético. Este mecanismo se conoce como replicación de ADN semiconservativa. Uno de los primeros científicos en abordar los mecanismos moleculares involucrados en la replicación semiconservativa del ADN fue Arthur Kornberg. Kornberg y su equipo de trabajo realizaron estudios de replicación de ADN *in vitro* usando extractos totales de *Escherichia coli*, en los cuales identificaron que el uso de nucleótidos radiomarcados en la forma trifosfato se emplean mejor que los nucleótidos difosfato para la síntesis de ADN. Otra observación clave en el experimento fue la adición de ADN bacteriano a la reacción, el cual se usó como molde para la síntesis de una nueva molécula de ADN. Sin embargo, el hallazgo más importante de Kornberg fue que logró aislar y purificar la enzima que participa en la replicación del ADN, a la cual denominó ADN polimerasa I. Esta asombrosa investigación abrió la puerta para identificar otras ADN polimerasas en ese organismo, como fueron la ADN polimerasa II descubierta por Thomas Kornberg y la ADN polimerasa III identificada por Thomas Kornberg y Gefter.¹⁴²

En este ejemplo, la estrategia creativa pudiera ser una combinación de las técnicas “nuevas funciones” con “relaciones forzadas” y “descomposición”.

¹⁴¹ The official web site of Nobel Prize. The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1959 Severo Ochoa, Arthur Kornberg https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1959/kornberg-bio.html].

¹⁴² Friedberg EC. The Eureka enzyme: the discovery of DNA polymerase. *Nat Rev Mol Cell Biol.* 2006;7(2):143-7.

De una serpiente al anillo del benceno

Las personas no son igualmente creativas todo el tiempo, existen condiciones que facilitan el acto creativo; estos momentos, llamados momentos de inspiración, se caracterizan por alcanzar soluciones o inspiraciones de forma involuntaria. Esto suele ocurrir cuando las personas están muy relajadas o en momento cercanos al sueño o a la vigilia después del sueño. Así llegó August Kekulé a la estructura en anillo del benceno,¹⁴³ pues la imagen de una serpiente que se mordía la cola, o uróboro, le vino a la mente cuando se encontraba en un estado de ensoñación. A decir de Kekulé:

Durante mi estancia en Gante, viví en elegantes cuartos de soltero en la calle principal. Mi estudio, sin embargo, se enfrentó a un callejón estrecho y no lo atravesó la luz del día... Estaba sentado escribiendo en mi libro de texto, pero el trabajo no progresaba... mis pensamientos estaban en otro lado... giré mi silla hacia el fuego y me dormí. De nuevo, los átomos estaban retozando ante mis ojos. Esta vez, los grupos más pequeños se mantuvieron modestamente en segundo plano. Mi ojo mental, más agudo por las visiones repetidas de este tipo, ahora podía distinguir estructuras más grandes de múltiples conformaciones, largas hileras a veces más ajustadas entre sí, enroscándose y retorciéndose en un movimiento de serpiente. ¡Pero mira! ¿Qué fue eso? Una de las serpientes se había agarrado de su propia cola, y la forma giraba burlonamente ante mis ojos. Como por un relámpago me desperté, y esta vez también pasé el resto de la noche trabajando en las consecuencias de la hipótesis.¹⁴⁴ La estrategia creativa al parecer concuerda con “ensoñación” con “nuevas funciones”.

¹⁴³ López Astorga, M. El sueño de Kekulé: ¿Es la creatividad el resultado del esfuerzo o de la inspiración? Ciencia Cognitiva: Revista Electrónica de Divulgación, 2009;3 (1): 27-29. [<http://medina-psicologia.ugr.es/~cienciacognitiva/files/2009-7.pdf>]

¹⁴⁴ Weisberg RW. Creativity understanding innovation in problem solving, science, invention, and the arts. John Wiley & Sons, Inc. 2006.

El genoma humano al desnudo

Un consorcio internacional formado por científicos de seis países descifró En 2003, dos años antes de lo previsto, la secuencia completa (99.99%) del llamado libro de la vida: el genoma humano. Este resultado era la culminación del Proyecto Genoma Humano, que se había creado en 1990 y al cual se le dieron \$280 millones de dólares como presupuesto. En la larga cadena con forma de hélice que tiene el ADN se ocultan los miles de genes que contienen las instrucciones para el funcionamiento de un ser humano. La secuenciación del genoma ha significado avances muy importantes en el terreno del conocimiento. Aunque todavía no se han logrado predecir, diagnosticar y tratar muchas enfermedades, la medicina se ha transformado como nunca gracias a este hallazgo.¹⁴⁵

El “ADN basura” no es un desecho

Gracias a las investigaciones del proyecto ENCODE, que es la investigación de mayor envergadura en el campo de la genómica en la que participan varios biomédicos españoles se descubrió en 2012 que el llamado ADN basura es mucho más útil de lo que se pensaba. Y es que, en realidad, es esencial para que los genes humanos funcionen, ya que regula su actividad. El hallazgo se presentó de manera simultánea en tres revistas científicas: la británica *Nature*, y las estadounidenses *Genome Research* y *Genome Biology*. “Este es uno de esos grandes pasos que transforman nuestra comprensión de la genética”, afirmó en su día Ewan Birney, coordinador del proyecto e investigador del Instituto Europeo de Bioinformáticos de Hinxton (Reino Unido).¹⁴⁶ Aquí la estrategia creativa es similar a “nuevas funciones” con “mapas mentales”.

¹⁴⁵ Olson MV. The human genome project. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1993;90: 4338-4344 [<http://www.pnas.org/content/90/10/4338.full.pdf>].

¹⁴⁶ Qu H, Fang X. A brief review on the Human Encyclopedia of DNA Elements (ENCODE) project. Genomics Proteomics Bioinformatics. 2013;11(3):135-41.

Buscando a Dios

La más que posible existencia de la que se conoce como partícula de Dios se confirmó por la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN, por sus siglas en inglés) el pasado 4 de julio de 2012. Este trabajo se ha estado realizando en el Gran Colisionador de Hadrones (LHC, por sus siglas en inglés), un potente acelerador de partículas que opera en el CERN, en la frontera franco suiza, cerca de Ginebra. Después de mucho tiempo rastreándola, finalmente la partícula, teorizada por el físico británico Peter Higgs en la década de 1960, parece que empieza a estar cercada.

Eso sí, pasará todavía algún tiempo hasta que los científicos del CERN puedan afirmar, sin atisbo de duda, que lo que han hallado es, indefectiblemente, el archiconocido bosón de Higgs, que se piensa es un tipo de partícula elemental que da origen a la masa en el Universo.

De la existencia del bosón depende, entre otras cosas, que sea correcta la teoría que actualmente explica el universo visible, también llamado modelo estándar. Y no sólo eso: de las características de esta partícula pueden depender las futuras investigaciones para comprender el universo oscuro, que el modelo estándar no explica.¹⁴⁷ Aquí, la estrategia creativa al parecer es también de “nuevas funciones” con “mapas mentales”.

Delgado soy y en tu vida estoy

Transparente, flexible, resistente, conductor de electricidad, son algunas de las virtudes del grafeno; que es el material más delgado y resistente del mundo: se le descubrió “por serendipia” (como otros muchos hallazgos de la ciencia) en 2004. Estudiando las capas de grafito que normalmente se desechan,

¹⁴⁷ Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear (CPAN). CPAN Inge-nio. [https://www.i-cpan.es/media/guia_Higgs_julio12.pdf] Valencia, España. 2010.

el físico holandés Andre Konstantinov Geim de la Universidad de Manchester y el entonces doctorante, el inglés Konstantin Sergeevich Novoselov, hallaron monocapas cristalinas de grafito o grafeno, material hexagonal en forma de panal de miel, cuyas virtudes han supuesto una revolución en la física de los materiales.

Filardo Bassalo, lo describe perfectamente:

*En 2003, Geim y su esposa Irina V. Grigorieva, Novoselov, S. V. Dubonos, A. A. Zhukov y S. Yu. Shapoval fabricaron microcintas biomiméticas (densos arreglos de filamentos de plástico) que lograban la misma función que las patas de los geckos ...buscaban la adhesión a las paredes por los patas con filamentos cerosos de las lagartijas... quizás por ser entusiasta seguidor de Spider Man, Geim y su grupo, intentaron, sin éxito, el sueño de escalar paredes. Sin embargo, la fabricación de esas cintas adhesivas llevó a Geim a aislar el grafeno.*¹⁴⁸

Seis años más tarde, los dos científicos de origen ruso recibían el Premio Nóbel de Física 2010 por demostrar el comportamiento de una sustancia de carbono de un solo átomo de grosor, con implicaciones en áreas que van desde la física cuántica hasta la electrónica de consumo. Una muestra es el revolucionario dispositivo electrónico flexible y ultrasensible a la luz desarrollado por investigadores del *Institut de Ciències Fotòniques* (ICFO) que permitirá crear móviles flexibles y computadoras que se podrán enrollar como una revista, o cámaras dotadas de visión nocturna que serán capaces de tomar fotografías y filmar vídeos, o audífonos ingeribles que detectarán y analizarán el sonido

¹⁴⁸ Bassalo JMF. El premio nobel de física 2010. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. ContactoS 2011; 80, 18-22 [<http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n80ne/pnf2010.pdf>].

de las células enfermas. Aquí la estrategia creativa concuerda con las técnicas de biónica y de DO IT.

La creatividad es necesaria para el desarrollo de la ciencia y la humanidad. Desentrañar los secretos de la naturaleza es imperativo para que el hombre viva cada vez más y mejor, para que las sociedades evolucionen y para que el ser humano se desarrolle intelectualmente. La creatividad en la ciencia es fundamental para este desarrollo. Ya no basta, en el mundo real, la simple esperanza de un estado posterior que brinde la religión. Es necesario crear para hacer del mundo un mundo mejor, palpable y al alcance de todo ser humano.

9. Un modelo creativo de investigación interdisciplinaria

*Margarito Martínez, Alma Dolores Pérez Santiago,
Alexis Martínez Barras, Eduardo Lorenzo Pérez Campos,
Judith Arnaud Ríos, Itandehui Belem Gallegos Velasco,
Pedro Antonio Hernández Cruz, Conrado Robles Vásquez,
Laura Pérez Campos Mayoral, Carlos Romero Díaz,
Socorro Pina Canseco, Ruth Martínez Cruz.*

Investigación traslacional y transversal

Comentaremos en este capítulo sobre la aplicación de la investigación, la comunicación dentro de las propias disciplinas, o entre ellas, y la enseñanza de la creatividad. Para resolver el “cómo aplicar la investigación básica”, grupos de investigadores o grandes compañías han desarrollado la investigación denominada traslacional. La cual está muy relacionada con el campo biomédico y se refiere a toda la investigación que facilita la transición de la investigación básica a las aplicaciones clínicas. Compañías farmacéuticas o biotecnológicas están atrás de proyectos de este tipo; por ejemplo, en 2010, en el Reino Unido hubo una inversión de \$450 millones de libras (aproximadamente 710 millones de dólares),¹⁴⁹ lo mismo ocurrió en Estados Unidos. La inversión en medicina traslacional se encuentra muy relacionada con la “economía del conocimiento”.¹⁵⁰ Un enfoque diferente de la investigación traslacional es la que hace la traslación a la población para quienes fueron

¹⁴⁹ Shiguetomi Medina JM. La medicina traslacional: una disciplina emergente. Revista Mexicana de Ortopedia Pediátrica. 2013;15(2): 64-67

¹⁵⁰ Morgan M, Barry CA, Donovan JL, Sandall J, Wolfe CDA. Implementing ‘translational’ biomedical research: Convergence and divergence among clinical and basic scientists Social Science & Medicine. 2011;73:945-952.

diseñados y no a las grandes compañías farmacéuticas o de biotecnología.¹⁵¹ Referente a la transversalidad, transversal deriva del latín *transversus*, *trans-vertere*, *trānsversālis*, oblicuo, transversal, atravesado, “lo que cruza en dirección perpendicular a aquello que se está considerando”.¹⁵²

*“la temática de los temas transversales proporciona el puente de unión entre lo científico y lo cotidiano, a condición de proponer como finalidad las temáticas que plantean como medios las materias curriculares, las cuales cobran así la calidad de instrumentos cuyo uso y dominio conduce a obtener unos resultados claramente perceptibles”.*¹⁵³

Torres Santomé,¹⁵⁴ y Miller y Boix¹⁵⁵ consideran que uno de los problemas de las disciplinas es que están excesivamente compartamentalizadas, lo que lleva a una falta de comunicación interdisciplinar, por lo que hay que trabajar en la interdisciplinariedad. Interdisciplinariedad, para Torres Santomé es:¹⁵⁶

“una manera de organizar y delimitar un territorio de trabajo, de concentrar la investigación y las experiencias dentro de un determinado ángulo de visión [...]. De ahí que cada disciplina ofrece una imagen particular de la realidad”.

¹⁵¹ Becú-Villalobos D. Medicina traslacional, ¿moda o necesidad? Medicina (B. Aires) 2014; 74(2): 170-172. Disponible en [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802014000200018&lng=es]

¹⁵² Anders V et al. Etimologías deChile.net (20101-2017) [<http://etimologias.dechile.net/?transversal>]

¹⁵³ Moreno M. Los temas transversales. Claves de la formación integral. Santillana. Buenos Aires. 1993.

¹⁵⁴ Torres S J. Globalización e interdisciplinariedad: El currículum integrado. 4ª. ed...: Morata Madrid. 2004.

¹⁵⁵ Boix, M. Assessing Student Work at Disciplinary Crossroads. Change, January /February 2005, 37. 2004 [<http://www.heldref.org/change.php>]

¹⁵⁶ Thomas MR. Diseño de un programa transversal e interdisciplinario para la formación de competencias genéricas ambientales en alumnos de licenciatura de la UASLP. Facultades de Ciencias Químicas, Ingeniería y Medicina. UASLP. 2000.

Esto significa que *“los interdisciplinaristas normalmente necesitan aprender algo nuevo sobre una disciplina cada vez que requieran usarla”*.¹⁵⁷

En los últimos 50 años se ha generado un progreso científico extraordinario en la biomedicina, que ha permitido introducir nuevas tecnologías diagnósticas y terapéuticas, y ha conseguido mejorar la calidad y aumentar la esperanza de vida de las personas. Sin embargo, en muchas ocasiones, la transferencia de los nuevos conocimientos adquiridos en los laboratorios de investigación básica no se realiza, o se plasma, al menos aparentemente, de una forma más lenta de la esperada. Por todo ello, en los países más desarrollados se le está dando prioridad a la investigación que llamamos de transferencia o traslacional, donde participan expertos de varias disciplinas, con el objetivo de que los conocimientos básicos obtenidos se puedan trasladar lo antes posible a la actividad clínico-asistencial. Para cumplir este objetivo es imprescindible que haya un trabajo en equipo en donde intervengan investigadores básicos y clínicos en un proyecto común. Por tanto, la creación de equipos multidisciplinarios en los hospitales con nivel científico contrastado es una condición imprescindible para que este tipo de investigación se acompañe del éxito. Esta es la única forma de lograr que los problemas clínicos que plantean los pacientes puedan resolverse mediante una investigación adecuada.

Investigación interdisciplinaria en la clínica

Un ejemplo de interdisciplinariedad en gastroenterología, lo observamos en el tratamiento actual de la ascitis de los pacientes cirróticos; es un ejemplo que puede ilustrar cómo una investigación biomédica de calidad puede demostrar claramente sus beneficios, derivados de la traslación de los resultados a la práctica médica. En 1975 se constituyó un equipo de investigación

¹⁵⁷ Newell WA. Theory of Interdisciplinary Studies. Issues in integrative studies. Miami University. School of Interdisciplinary Studies. 2001;19:1-25.

multidisciplinar formado por investigadores clínicos y básicos en la Unidad de Hepatología del Hospital Clínico y Provincial de la Universidad de Barcelona, con el objetivo de profundizar en el conocimiento de la fisiopatología, clínica y el tratamiento de las complicaciones de la cirrosis hepática, de acuerdo con los mecanismos que se creían que eran los responsables de su formación. La paracentesis estaba proscrita puesto que se pensaba que podría inducir un empeoramiento de la hipovolemia efectiva y, por tanto, facilitar la aparición de una insuficiencia renal o síndrome hepatorenal, que es una complicación muy grave que conducía a la muerte en 100% de los casos. Por todo ello, el tratamiento se basaba en la combinación de una dieta baja en sodio y en la administración de diuréticos. Sin embargo, este tratamiento tenía serios inconvenientes. Los trabajos realizados por el grupo de investigación permitieron precisar mucho mejor la fisiopatología de la ascitis. Se demostró que su causa fundamental era una vasodilatación esplácnica intensa, secundaria a la hipertensión portal que a su vez produce una marcada hipotensión arterial, que es un potente estímulo para la activación de los sistemas vasoconstrictores renales. El aumento de la actividad de estos sistemas vasoconstrictores se debe a un incremento de la tensión arterial, pero, además, ocasiona un descenso de la perfusión sanguínea renal y, en consecuencia, aparece un aumento de la retención renal de agua y sodio, que en casos más avanzados se traduce en una insuficiencia renal. A partir de estos trabajos, la paracentesis terapéutica relacionada con el empleo de albúmina intravenosa se ha convertido en la opción terapéutica más eficaz para los pacientes con ascitis, debido a su disponibilidad, facilidad de empleo, mayor eficacia clínica y menor índice de complicaciones al compararla con los diuréticos. Por ello, la paracentesis terapéutica vinculada con la infusión de albúmina es actualmente el tratamiento de elección inicial para los pacientes cirróticos con ascitis en la mayoría de los centros de todo el mundo, con mejor efectividad y menor riesgo de complicaciones, relacionándose incluso con menor mortalidad.¹⁵⁸

¹⁵⁸ Solà E, Ginès P. Challenges and management of liver cirrhosis: pathophysiology of renal dysfunction in cirrhosis. *Dig Dis*. 2015;33(4):534-8.

En la década de 1940-1950, el biólogo francés Alfred Jost demostró que el testículo producía algún factor que provocaba la regresión de los conductos de Müller en el conejo fetal masculino; ante su falta, el conejo macho desarrollaba útero y trompas de Falopio. En las décadas de 1970 y 1980, uno de sus discípulos, la pediatra endocrinóloga Nathalie Josso y su equipo demostraron que ese factor, la hormona antimülleriana (AMH), era una glicoproteína secretada por las células de Sertoli del testículo. Hasta allí, se trataba de investigación “biomédica básica”, sin aplicación clínica alguna. Pero vieron además que, si bien su función tenía lugar en la vida fetal, la AMH continuaba siendo producida por el testículo durante toda la infancia. Como pediatra endocrinóloga, Nathalie Josso era consciente de la falta de marcadores circulantes que permitieran evaluar la función testicular en niños antes de la pubertad, de hecho, la hormona testicular clásica –la testosterona– no es detectable durante la infancia normal.¹⁵⁹ Pensó entonces que la AMH podría ser útil como herramienta diagnóstica y decidió desarrollar un método de dosificación de AMH, para lo cual generó anticuerpos monoclonales y policlonales. Así, en 1990 se publicó cómo evoluciona la AMH sérica en el niño durante la infancia y la pubertad. Dicho método de dosificación hormonal se utilizó posteriormente para estudiar la función testicular en numerosas patologías, lo cual llevó a la empresa Beckman Coulter a producirlo de forma industrial para comercializarlo. Desde fines de la década de 1990 hasta la actualidad, la AMH se ha consagrado como el biomarcador más útil para el diagnóstico en la patología testicular en edad pediátrica, así la investigación traslacional y transversal da origen a grupos de investigación interdisciplinaria.¹⁶⁰

¹⁵⁹ Josso N, Rey RA, Picard JY. Anti-müllerian hormone: a valuable addition to the toolbox of the pediatric endocrinologist. *Int J Endocrinol.* 2013;2013:674105.

¹⁶⁰ Josso N, Legeai L, Forest MG, Chaussain JL, Brauner R. An enzyme linked immunoassay for anti-müllerian hormone: a new tool for the evaluation of testicular function in infants and children. *J Clin Endocrinol Metab.* 1990;70(1):23-7.

Interdisciplinariedad en los estudios de posgrado

Existen numerosos programas de estudio de maestría o de doctorado, que son interdisciplinarios en el mundo, entre ellos están los de las Universidades de British Columbia, de Berkeley, de New Brunswick, de Washington, de Missouri-Kansas City, Stanford, Manitoba, en Estados Unidos de Norteamérica; los de King's Collage London, Warwick, Exeter, en Londres; el de Ciencias de la Sostenibilidad de la UNAM y el Programa Interdisciplinario de Estudios de la Mujer del Colegio de México, en la Ciudad de México; y el programa de Desarrollo Regional y Tecnológico de Instituto Tecnológico de Oaxaca, en la ciudad de Oaxaca, entre otros. En gran parte de ellos, los campos disciplinarios no son distantes, por ejemplo, en las disciplinas de las ciencias sociales con las humanidades. A diferencia de otros, como ciencias sociales y ciencias bioquímicas, en donde la distancia pudiera ser mayor. Sin embargo, estas distancias son relativas debido a que las disciplinas y la separación de áreas de conocimiento sólo existen en nuestro pensamiento, nosotros las estructuramos y compartamentalizamos a la ciencia y el trabajo de muchos científicos. Un ejemplo son los programas transdisciplinarios de la Universidad de Liverpool en Inglaterra. No solo los programas tienen esta característica, también los investigadores, como ejemplo está el caso de Shubin (2008), quien publica trabajos básicos de paleontología y de biología molecular,¹⁶¹ campos aparentemente distantes. La ciencia es extraordinariamente transversal, pensamos que mientras más distantes es más difícil lograr la interdisciplinariedad, pero a su vez con el tiempo puede ser más fructífera, innovadora y creativa.

Con el interés de incluir el concepto de creatividad y estimularla en el contexto educativo, Kauffman y Beghetto, desarrollaron el modelo Four C ¹⁶²

¹⁶¹ Cardona PL. Transversalidad. Scilogs. [<http://www.investigacionyciencia.es/blogs/medicina-y-biologia/16/posts/transversalidad-10245>].

¹⁶² Kaufman JC, Beghetto RA. Beyond big and little: The four C model of creativity. *Review of General Psychology*. 2009;13(1):1–12.

que consiste en clasificar los resultados del proceso creativo: Mini-C o creatividad interpretativa, cuando un estudiante o un grupo de estudiantes presentan una idea nueva que es personalmente significativa. Little-C, pequeña creatividad, o de cada día, es aquel pensamiento valioso, pero que no tiene la calidad suficiente para ser publicada. Pro-C o creatividad de expertos, pensamiento valioso en el contexto profesional que puede ser publicado. Creatividad mayor o Big-C, cuando aparece un pensamiento que transforma la historia.¹⁶³ Este tipo de conceptos es valioso, sin embargo, se requiere de este y otras muchas estrategias para cambiar la forma de enseñar en educación superior.

Cualidades de la enseñanza en innovación y creatividad

Tanto innovación como creatividad son conceptos que se emplean en distintos campos, es por ello que se consideran interdisciplinarios. En el área de enseñanza estos dos conceptos son imprescindibles, ya que es importante que el docente provoque en sus estudiantes un interés tal por el conocimiento que surja en ellos la motivación para emprender proyectos novedosos.

En áreas tales como la ciencia y la tecnología, las cuales se encuentran en constante evolución, la enseñanza debe ser más dinámica, es entonces cuando la innovación y la creatividad entran en juego para estimular el proceso, permitiéndole al docente aplicar sus conocimientos previos de una forma actualizada y original.

“La enseñanza puede verse como la implementación de métodos y pedagogías, y de currículos y contenidos. Cualquier tipo de enseñanza

¹⁶³ Rodríguez G., Baños JE, Carrío M. Creativity development through inquiry-based learning in biomedical sciences. En: Handbook of research on creative problem-solving skill development in higher education. Chunfang Zhou. IGI Global.217.

*que aborde la creatividad y la aplique a métodos y contenidos puede verse como una enseñanza innovadora”.*¹⁶⁴

A pesar de la importancia de desarrollar la creatividad en la educación, y de los dramáticos cambios en el proceso educativo que se gestaron con el proceso de Bolonia, en Europa, en donde han cambiando por un paradigma de la enseñanza y aprendizaje basados en resultados “*Outcomes-based teaching and learning*” (OBTL),¹⁶⁵ no son evidentes los cambios, todavía como tampoco lo han sido del modelo basado en objetivos. Sin embargo, por el modelo OBTL, está incluida la enseñanza de la creatividad, la resolución de problemas, las habilidades profesionales, las habilidades de comunicación, y el trabajo en equipo entre otras,¹⁶⁶ por lo que es de esperarse que los que sigan este modelo, tengan al menos diferentes resultados. Nosotros pensamos, que independientemente del modelo que se emplee, una de las prioridades de los sistemas educativos, en la actualidad, debe de ser la enseñanza de la creatividad.¹⁶⁷

Un buen ejemplo de un programa de enseñanza para aprender a pensar es el programa desarrollado por De Bono, denominado CoRT (*Cognitive Research Trust*) 1973. Este tiene un enfoque de desarrollo de habilidades de pensamiento perceptivo, se enseña a través de “decir, mostrar y hacer” empleando discusiones en grupos pequeños.¹⁶⁸

¹⁶⁴ Ferrari A, Cachia R, Punie T. Ferrari A, Cachia R, Punie Y. Innovation and Creativity in Education and Training in the EU Member States: Fostering Creative Learning and Supporting Innovative Teaching. ResearchGate GmbH. 2009;16: 6-8 <https://www.researchgate.net/publication/265996963>

¹⁶⁵ Biggs J, Tang C. Teaching for Quality Learning at University what the student does. 4th ed. Open University Press McGraw-Hill Education. 2011.

¹⁶⁶ Barak M, Doppelt Y. Integrating the Cognitive Research Trust (CoRT) Programme for creative thinking into a project based technology curriculum. Research in Science & Technological Education. 1999;17, 2: 139-151.

¹⁶⁷ Zhou C, Luo L. Group Creativity in Learning Context: Understanding in a Socio-Cultural Framework and Methodology. Creative Education, 2012;3(4), 392-399.

¹⁶⁸ Tripp DH. The evaluation of the De Bono (CoRT) thinking project: some theoretical issues. Studies in Educational Evaluation. 1980;6(2):185-194.

Con respecto a la enseñanza, las cualidades de innovación y creatividad que deben contener los programas son:¹⁶⁹

1. Enseñar a atreverse a dudar, criticar la teoría, el método, los patrones existentes.
2. Respetar los hechos, tratar de descubrir y comparar las similitudes y diferencias de la investigación internacional similar.
3. Tener calidad humanística, ética, fuerza de voluntad y tolerancia.
4. Enseñar el pensamiento independiente, convergente/pensamiento crítico, divergente/pensamiento creativo y el autoaprendizaje.
5. Contar con capacidad de escritura y expresión, capacidad de gestión, dedicación, de comunicación y espíritu de equipo.
6. Enseñar técnicas de estimulación de la creatividad.
7. Capacidad para la enseñanza en base a problemas de investigación, la proyección de escenarios a futuro, así como seminarios de pensamiento creativo y crítico para resolver problemas.

Un programa interdisciplinario, el caso Oaxaca

La investigación en ciencias sociales se ha desarrollado de manera natural en instituciones tales como el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS), el Instituto de Investigaciones Sociológicas de la UABJO (IIS UABJO), el CIIDIR, con un programa en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales, y también en el Instituto Tecnológico de Oaxaca, en donde se ofrece un programa de Doctorado en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico (iniciado en 1976 como un programa de Maestría en Planificación industrial). En 1995, los doctores Félix Córdoba Alva, destacado inmuno/bioquímico de la UNAM y el profesor/

¹⁶⁹ Yimei Ma. The innovative thinking and the scientific methodology of the specialized courses teaching in practice. *International Journal of Education and Information Studies*. 2014; 4(1):15-23. [https://www.ripublication.com/ijeisv1n1/ijeisv4n1_05.pdf].

Investigador del Instituto Tecnológico de Oaxaca, Rafael Reyes Morales, tomaron como antecedente el programa de maestría con el perfil de Ciencias Sociales y emprendieron la tarea de crear un programa que integrara la Bioquímica y más tarde la Mecánica y Tribología en un novedoso programa, dada la incorporación de nuevos profesores investigadores en estas áreas del conocimiento “propias del Instituto Tecnológico”. Esta idea en el ámbito local y en alguna medida nacional no tuvo buena aceptación al principio, pero ya han transcurrido más de 20 años del inicio del programa, y en 2017 está vigente, integrando cada vez y de mejor manera las diversas áreas del conocimiento, cumpliéndose al pie de la letra lo mencionado por el dramaturgo Arthur Miller: *“Ser capaz de que algo comience su existencia es un gran logro, sobre todo si el producto de la creación significa algo para mucha gente”*.¹⁷⁰

Integrar apropiadamente un programa de ciencias sociales con un programa de ciencias duras en Latinoamérica no es tarea fácil, primero, por los aspectos metodológicos de las investigaciones, y segundo porque se vuelve una tarea compleja al abordar al menos dos aspectos generales en una investigación, la investigación bioquímica, biología molecular, mecánica o tribológica, y su integración en un contexto de la problemática social, cultural, económica y política. ¿Cómo conducir apropiadamente una investigación de este tipo? Si *per se* la investigación en ciencias duras o en ciencias sociales es absorbente, integrar las dos áreas es un reto. No existe ningún programa en México, que proponga la integración del conocimiento de esta manera en un programa de posgrado.

Tan solo para abordar esta integración se han intentado diversos caminos para alcanzar el objetivo. Una estrategia, que no del todo exitosa, es diseñar y poner en práctica desde el programa de Maestría, un programa reticular desde el primer semestre, que incluya los temas básicos de ambas áreas del conocimiento, por ejemplo, Biología, Matemáticas, Estadística, Desarrollo Regional

¹⁷⁰ Cabral CAR. La creatividad en ciencia. Ciencia. 1995;38. [<http://www.revistaciencias.unam.mx/en/191-revistas/revista-ciencias-38/1801-la-creatividad-en-ciencia.html>].

y Metodología de la Investigación, y en adelante concentrarse en una línea de investigación definida.

Con el pasar de los años hemos aprendido que una manera apropiada y casi natural es integrar a los diversos comités tutorales, profesores/investigadores de ambas áreas del conocimiento, con la finalidad de ir capturando ideas y conocimiento para generar un proyecto que integre apropiadamente una investigación interdisciplinaria que tenga como producto la graduación de estudiantes, la publicación de resultados en revistas de alto impacto y lo deseable, que el resultado de esa investigación mejore o impulse el desarrollo de la región en alguna medida, ayudando a resolver problemas concretos de la sociedad en este ámbito. El proceso integrador no ha sido sencillo, pero un aspecto importante a destacar es que este tipo de programas contribuye a la preparación de doctores y futuros investigadores con una visión integradora de la realidad regional, aspecto que demandan los diversos sectores de la sociedad, en diferentes países de Latinoamérica.

En este programa se estudian y se desarrollan en particular diversos protocolos de investigación que se enfocan en problemas regionales en busca de nuevos principios activos como potenciales fármacos, aspectos bioquímicos de infecciones fúngicas del maíz, biología molecular de la relación de maíz y su ancestro cercano el teocintle, aspectos de salud y patologías frecuentes en la población local y regional, entre otros, con el propósito de integrar los hallazgos en el ámbito regional y social. Un ejemplo de proyecto, dirigido por Martínez Cruz (2016), es la “Viabilidad económica y técnica en el empleo de la β -glucosidasa de chayote en la elaboración de cerveza artesanal y su posterior comercialización”. En este proyecto participan investigadores de las áreas de bioquímica, planificación y administración.

Para finalizar, pensamos que es importante reconsiderar y cambiar el modelo de enseñanza en el posgrado e investigación en las universidades e institutos tecnológicos, aún modelo de enseñanza y aprendizaje, basado tanto en pro-

blemas, objetivos, y en resultados, que incluya no solamente la creatividad, las habilidades profesionales y de comunicación, sino también de ética y respeto a los derechos humanos, además de una visión traslacional y transversal, para lograr formar recursos con una visión integradora y capacidad de trabajar en equipos regionales.

10. Creatividad e innovación en ciencias forenses y seguridad

Eduardo Pérez Campos Mayoral, Laura Pérez Campos Mayoral, Gabriel Mayoral Andrade, Víctor Hugo Ojeda Meixueiro, Carlos Perezcampos Mayoral, Eduardo Lorenzo Pérez-Campos.

Creatividad e innovación

Si creatividad significa proponer algo nuevo y original, en este sentido, todas las personas tenemos habilidades creativas, lo importante es desarrollarlas, darles sentido a esas habilidades y hacer que tengan un resultado. Entre las habilidades del pensamiento están la flexibilidad, originalidad, fluidez, elaboración, modificación, imaginación, y pensamiento asociativo entre otras.¹⁷¹ Innovación también involucra al proceso de hacer mejoras a lo ya existente o producir algo nuevo con buen desempeño y económicamente viable, estos podrían ser productos, servicios, procesos, habilidades para la investigación y el desarrollo.

Las ciencias forenses se han enriquecido de muchos investigadores que han aportado conocimiento y “*eureka*” en diversos campos. Pero, en la práctica se requieren de varias “*eureka*” que usualmente sean correctas y se puedan integrar,¹⁷² en consideración de que se necesita además la replicación de los estudios¹⁷³ para que las hipótesis se confirmen desde diferentes ángulos y puntos de vista. Aquí revisamos enseguida algunos casos representativos.

¹⁷¹ Nolan J. Creative Thinking and Idea Generation. Rise Up. Newcastle University. 2012. [<http://www.ncl.ac.uk/fms/postgrad/skills/documents/BiotechYesCreativitySessionSept2012a.pdf>].

¹⁷² Jacobson R. Is Eureka Right? Sci Am. 2016;314(5):18.

¹⁷³ Kiermer V. Eureka once, eureka twice. Sci Am. 2014;310(5):13.

El ácido desoxirribonucleico (ADN)

Antes de la “revolución” del ácido desoxirribo nucleico (ADN), todos los casos de homicidio o violación solían resolverse mediante evidencias circunstanciales. Estas se sustentaban en inferencias para llegar a una conclusión y solían estar “contaminadas” por el sesgo y prejuicios del investigador. La revolución de la ciencia forense tuvo lugar en 1984, cuando por la aplicación de técnicas de biología molecular al ámbito forense nació la perfilación por medio de ADN.¹⁷⁴ Este estudio del ADN, también se conoce como ADN de huellas dactilares o pruebas de ADN. Es el proceso a través del cual se determinan las características del ADN de un individuo; esta prueba, llamada coloquialmente “perfil de ADN”, es “muy probablemente” diferente en individuos no emparentados.

El perfil de ADN se utiliza comúnmente como una técnica forense en investigaciones criminales con el fin de identificar a personas cuya identidad necesita ser confirmada, o para establecer relación entre el lugar de hallazgo y una persona, o para eliminar de sospechas a una persona bajo investigación.¹⁷⁵ El perfil de ADN también se ha utilizado para ayudar a aclarar asuntos civiles como el establecimiento de la paternidad, pruebas de parentesco en asuntos de herencias, identificación de personas en catástrofes naturales y actos de terrorismo.¹⁷⁶

¹⁷⁴ “Eureka moment that led to the discovery of ADN fingerprinting”. The Observer. 24 May 2009.

¹⁷⁵ “Danish police: ADN from dismembered body matches missing journalist”. CNN. 23 agosto 2017. Revisado el 23 de Agosto de 2017.

¹⁷⁶ ADN pioneer’s ‘eureka’ moment BBC. Revisado el 14 de octubre de 2011.

¿Cómo nació la idea de usar el ADN como herramienta forense?

El primer caso en el que se utilizó no fue estrictamente en un caso forense, si no en el de un inmigrante. Todo comenzó con el joven Alec Jeffreys de tan solo 27 años, en la Universidad de Leicester en 1977. En 1978, encontró la primera variación heredada de ADN en uno de sus técnicos. Para 1981, ya había encontrado muchas variaciones en minisatélites. En 1985 se dio el caso de un niño ghanés de 15 años, Andrew Sarbah, de nacionalidad inglesa que emigró a Ghana para vivir con su padre, de regreso al Reino Unido para reunirse con su madre, su hermano y dos de sus hermanas. Al tratar de ingresar al referido país, las autoridades de inmigración no le permitían el ingreso aún presentando pasaporte inglés, ya que la fotografía del documento era de cuando tenía pocos años. Los agentes de migración sospecharon que estaba sustituyendo a otra persona y que el niño que había viajado en el avión en realidad era el sobrino de la supuesta madre. Tratando de solucionar y para esclarecer el dilema, se le concedió una “admisión temporal” hasta que su estado real de inmigración pudiera resolverse. Con objeto de identificar si era o no el niño, le efectuaron las pruebas convencionales de marcadores serológicos y genéticos (ABO, Rh, MN, Se, Pi, Lu, K, Fy, Jk, Gm, Hp, EAP, GLO, PGM, Gc, EsD y HLA). Aunque había una buena coincidencia entre la evidencia testimonial y la serológica, el Ministerio del Interior sostuvo que el pasaporte de Andrew había sido alterado. Ello no fue un buen augurio para la familia Sarbah. Sin embargo, un amigo de la familia les enseñó un artículo publicado en *The Guardian* que mencionaba los trabajos de Alec Jeffreys. Entonces a petición de la familia, su abogado York,¹⁷⁷ solicitó la participación de Alec Jeffreys, quien realizó lo que él llamó un análisis de *huella digital de ADN*. Como el padre no estaba disponible, se tomaron muestras de sangre de la supuesta madre, su hijo conocido, y de sus dos hermanas, así como del niño en disputa. Los estudios de Jeffreys concluyeron que el niño

¹⁷⁷ Aronson JD. Science, law, and controversy in the making of ADN profiling. Rutgers University Press New Brunswick, New Jersey, and London. 2007.

era el hijo de la madre “más allá de toda duda razonable”. Por lo que las autoridades permitieron que el niño permaneciera con la familia.¹⁷⁸

El momento creativo del profesor Sir Alec Jeffreys se encuentra en las páginas electrónicas de la Universidad de Leicester:

*“Mi vida cambió el lunes por la mañana a las 9.05 a.m., 10 de septiembre de 1984. Lo que surgió fue la primera huella genética del mundo. En la ciencia, es inusual tener ese momento de eureka. Obtuvimos patrones de ADN extraordinariamente variables, incluso de nuestro técnico y su madre y su padre, así como de muestras no humanas. Mi primera reacción a los resultados fue ‘esto es demasiado complicado’, y luego me cayó el centavo, y me di cuenta de que teníamos huellas digitales genéticas”.*¹⁷⁹

En palabras del profesor Sir Alec Jeffreys “Si nuestro primer caso hubiera sido forense, creo que habría sido cuestionado y el proceso podría haber sido dañado en los tribunales”.¹⁸⁰

Todo parte del principio de conocer la estructura y el funcionamiento de las cosas para aplicar esas ideas en distintas disciplinas. Conocer la “anatomía” y “fisiología” generó ideas de aplicación del conocimiento. Es decir, la creatividad en un sentido amplio es la suma de conocimiento de diferentes disciplinas aplicadas a la observación de problemas particulares derivados de la experiencia y que pueden resolverse mediante la aplicación del método científico, generando nuevas incógnitas, resolviendo problemas, indicando el camino o metodología adecuada o, finalmente, creando productos o técni-

¹⁷⁸ Lee TF. ADN in court. Gene future. The promise and perils of the new biology. Springer Science+Business Media, Llc. 1993.

¹⁷⁹ University of Leicester. Department of Genetics and Genome Biology. The history of genetic fingerprinting. [<https://www2.le.ac.uk/departments/genetics/jeffreys/history-gf>].

¹⁸⁰ Roewer L. ADN fingerprinting in forensics: past, present, future. *Investig Genet.* 2013;4(1):22.

cas innovadoras que le permitan al hombre subsistir a los nuevos retos de la humanidad.

Al igual que como se comentó en el capítulo anterior, en general los investigadores no piensan en una u otra estrategia o técnica creativa en forma explícita. Pero, como resultado de sus publicaciones se puede inferir el tipo de estrategia que se dio en el proceso creativo y eso es lo que comentaremos aquí. En el caso de Sir Alec Jaffreys, la estrategia que aparentemente se dio fue una suma de “redefinición” con “adaptar” y “poner otros usos” del acrónimo SCAMPER.

Reconociendo la presencia de un cadáver

En México se han encontrado más de 1000 fosas clandestinas, esto significa que “las instituciones del Estado no están cumpliendo con su responsabilidad”.¹⁸¹ Esta declaración de hechos nos lleva a pensar en un instrumento innovador que hace unos pocos años se dio a conocer. Nos referimos a LABRADOR, un equipo portátil, que detecta compuestos químicos orgánicos volátiles (VOC), emitidos por cuerpos humanos en descomposición. Como ejemplo, entre los 24 compuestos más representativos están: tricloroeteno, tetracloroeteno, diclorodifluorometano, diclorotetrafluoroetano, tricloroetano, 1-metilnaftaleno, naftaleno, heptano, 2-metilpentano, undecano, y metenamina. Todos ellos se liberan de las fosas, cuando los cuerpos están enterrados en lugares poco profundos, de 0.45 a 1 metros de profundidad.¹⁸² LABRADOR los detecta: este se diseñó en el Laboratorio

¹⁸¹ Nota de Redacción de Aristegui Noticias. Fosas clandestinas, práctica de gobierno para mantener la impunidad: obispo Raúl Vera. Oct 11, 2017.

[<https://aristeguinoticias.com/1110/mexico/fosas-clandestinas-practica-de-gobierno-para-mantener-la-impunidad-obispo-raul-vera/>]

¹⁸² Vass A, Thompson CV, Wise M. A New Forensics Tool: Development of an advanced sensor for detecting clandestine graves. Final report. Oak Ridge National Laboratory. [<https://>

Nacional de Oak Ridge, gestionado por Departamento de Energía de los Estados Unidos, y ahora lo desarrolla la empresa Agile Technologies. Este instrumento pretende llegar a sustituir a los caninos y los radares de penetración de tierra, que no han sido fidedignos.

Este es un tipo de innovación en donde se aborda un problema complejo imitando modelos o sistemas de la naturaleza. En este caso imitando la capacidad de los caninos para detectar olores específicos, a lo cual se le ha denominado biomimética, en donde se hace transferencia de ideas desde la biología a la tecnología, el diseño y la producción de materiales, estructuras y sistemas.¹⁸³ Desde otro punto de vista, pudiéramos suponer que, como estrategia creativa, aquí se empleó la técnica de creatividad denominada biónica. Entender a la creatividad como una forma de creación de conocimiento no es fácil si empleamos un pensamiento vertical como hemos podido apreciar. Algunos de los descubrimientos más importantes en la historia han sido gracias a la “suerte”, sin embargo, esto que llamamos “suerte” o “*eureka*” es una expresión resultado de un proceso, del pensamiento paralelo y que depende de la observación de diversos acontecimientos que, sumados con el conocimiento empírico o adquirido formalmente, refuerzan ideas para concretarlas en proyectos de investigación o en ideas nuevas. La mayoría de los investigadores nunca asistió a una capacitación de cómo ser creativo, sin embargo, utilizamos la lluvia de ideas de manera deliberada cuando exponemos un proyecto o desarrollamos un tema en alguna clase para explicar un concepto por medio de analogías. Por ejemplo, los problemas de investigación pueden mejorarse con diversas visiones u opiniones hasta llegar a la creación de un tema o propuesta novedosa u original.

www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/grants/231197.pdf 2007.

¹⁸³ Landry DJ. Biomimicry (Also Known as Biomimetics, Biogenesis, Biognosis). En: Harrington J, Voehl F. The innovation tools handbook creative tools, methods, and techniques that every innovator must know. CRC Press. 2016.

Paradigmas... ¿el paladar y los labios no están? y ¿el factor de impacto?

Aquí tomaremos dos conceptos de paradigma, uno empleado por Kuhn en 1969, en su posdata: “toda la constelación de creencias, valores, técnicas, etc., que comparten los miembros de una comunidad dada”,¹⁸⁴ y otra de Patton en 1990: “un paradigma es una forma de ver el mundo, una perspectiva general, una manera de fragmentar la complejidad del mundo real” (véase capítulo 4). Dicho esto “los paradigmas están enraizados en la socialización de los adeptos y de los practicantes, los paradigmas les dicen a ellos lo que es importante, legítimo y razonable”.¹⁸⁵

Los dientes como reservorio de ADN son la materia prima básica en la identificación forense, es decir, son un ejemplo paradigmático, se acepta sin cuestionar y suministra la base para la identificación de personas. No se cuestiona si existen otras fuentes que pueden auxiliar en la identificación humana. Sin embargo, existen otros métodos de identificación como las impresiones de tejidos blandos orales y periorales.¹⁸⁶ El estudio de las impresiones labiales se conoce como queiloscopia, el de las rugas palatinas, rugoscopia.

Otro ejemplo de paradigma, que abarca a todas las revistas científicas, y que no es exclusivo de las ciencias forenses es el factor de impacto. Se reconoce ampliamente y no ha sido posible romper la forma en que se evalúan los resultados en publicaciones científicas. Las revistas científicas se clasificadas por su factor de impacto elaborado por el *Journal Citation Report* (JCR)

¹⁸⁴ Gallego JDM. Del concepto de paradigma en Thomas S. Kuhn, a los paradigmas de las ciencias de la cultura. Magisterio. Revista de la Maestría en Educación de la Universidad Santo Tomás, 2007;1(1).

¹⁸⁵ Flores Fahara. Implicaciones de los paradigmas de investigación en la práctica educativa. Revista digital universitaria 2004;5(1) [http://www.revista.unam.mx/vol.5/num1/art1/ene_art1.pdf].

¹⁸⁶ Caldas IM, Magalhães T, Afonso A. Establishing identity using cheiloscopy and palatoscopy. Forensic Sci Int. 2007;165(1):1-9.

de Thompson and Reuters. El factor de impacto es una medida en que los artículos se citan. El factor de impacto es matemáticamente inválido en consideración de que se calcula como la cantidad promedio de veces que se cita la colección completa de artículos en una revista determinada, pero en realidad, las citas siguen una distribución logarítmica normal en lugar de gaussiana.¹⁸⁷ Revistas como *Nature*, *Cell* y *Science* son de las más citadas. Incluso la Academia de Ciencias de China les paga a sus autores exitosos el equivalente a \$30,000 dólares, cuando sus trabajos se incluyen en estas revistas. Al final, esto se convierte en una forma de soborno, como lo ha declarado Schekman,¹⁸⁸ editor de *eLife*, una revista en línea creada por Wellcome Trust. Randy Schekman es un biólogo estadounidense que ganó el premio Nóbel de Fisiología y Medicina, junto con James E Rothman y Thomas C Südhof por su trabajo sobre el mecanismo que controla el transporte de paquetes o “vesículas” unidos a la membrana a través de las células.

Una historia

Siguiendo la técnica de estimulación creativa denominada “una historia probable”¹⁸⁹ tendríamos la siguiente historia de seguridad:

Un problema de jurisdicción de los hombres en otras galaxias: “A propósito de que en los próximos quinientos años, Kepler,¹⁹⁰ que ahora es Kepler-10 en una misión espacial en nuestro vecindario de galaxias encontró un planeta del tamaño de la Tierra con una atmósfera dis-

¹⁸⁷ Santangelo GM. Article-level assessment of influence and translation in biomedical research. *Mol Biol Cell*. 2017;28(11):1401-1408.

¹⁸⁸ Ian Sample. The Guardian. 9 de Diciembre 2013. [<https://www.theguardian.com/science/2013/dec/09/nobel-winner-boycott-science-journals>]

¹⁸⁹ Van Gundy A. A likely story in: 101 Activities for teaching creativity and problem solving. John Wiley & Sons, Inc. 2005.

¹⁹⁰ Kepler: Finding Earth-Size and Smaller Planets NASA Kepler: NASA's first mission capable of finding earth-size and smaller planets. Facts. [https://www.nasa.gov/pdf/284769main_FS-Gen_1208_print.pdf].

cretamente diferente del de la Tierra, encontró seres pensantes, con un lapso de vida de 200 años, comparada con la de nosotros, con mayor adelanto científico, con leyes similares a las de nosotros pero con una escala de principios y valores mucho más amplia y que se resumen en un trinomio, cuyo cumplimiento va más allá de la realización personal, lo importante para ellos es el bien de la seguridad de la colectividad. En este planeta, los individuos a partir de los 50 años tienen la convicción de autoeliminarse si no han realizado los objetivos contenidos en su trinomio, el cual establece que todo individuo antes de cumplir 50 años de edad debe de:

1. Obtener el reconocimiento de su comunidad como un miembro que propicie la transformación y el bienestar desde y para la comunidad;

2. Ser reconocido como un elemento social capaz de potenciar la fuerza y la acción de sus semejantes para propiciar una mejor calidad de vida para la comunidad, y

3.- Haber fomentado esfuerzos de cooperación que motiven a la sociedad a alcanzar sus objetivos comunes.

¿Qué pensaría usted de las metas planteadas por esta sociedad? Cabe señalar que esta sociedad posmoderna ha implementado y desarrollado técnicas forenses de avanzada, que les permiten determinar en tiempo real si la muerte de los individuos que no alcanzan a cumplir los objetivos del trinomio se produce por voluntad propia o mediante un agente externo. Esta sociedad considera que el honor de una persona y el cumplimiento de sus objetivos de vida es lo más importante para el desarrollo individual y colectivo.

Este tipo de historias nos puede hacer reflexionar sobre el sistema de normas que impera en nuestras sociedades en el área de seguridad y los paradigmas que tendremos reconocer y romper para mejorar las mismas.

Proceso creativo para resolver problemas

La solución creativa de problemas no es sólo una lluvia de ideas, aunque eso es precisamente, lo que mucha gente puede relacionar con ella. En realidad es un proceso bien definido, que puede ayudar desde la definición del problema hasta la implementación de soluciones. Las ideas creativas no aparecen repentinamente en la mente de las personas, sin razón aparente. Más bien, son el resultado de tratar de resolver un problema específico o alcanzar un objetivo particular. La teoría de la relatividad de Albert Einstein no fue inspiración repentina. Más bien, fue producto de una enorme cantidad de problemas que él analizó para tratar de cerrar una discrepancia entre las leyes de la física y las leyes del electromagnetismo, tal como se entendían en ese momento. Albert Einstein, Leonardo da Vinci, Thomas A. Edison y otros genios creativos siempre trabajaron de la misma manera. No esperaron a que las ideas llegaran de la nada, más bien concentraron sus ideas y pensamientos en tratar de resolver un problema de varias formas. Por ejemplo, Einstein intentó entender lo que hoy conocemos como teoría de la relatividad mediante lo que se conoce como el “experimento del elevador” “basado en la equivalencia de fuerzas inerciales y el campo gravitacional homogéneo”¹⁹¹ A la fecha, los principios fundamentales de la relatividad se aplican al área forense a través de la física para la reconstrucción de hechos, sobre todo en accidentes automovilísticos para determinar la responsabilidad de una persona en un evento en particular.

La solución de problemas mediante la creatividad es un proceso simple que consiste en separar en varias partes un problema para entenderlo mediante diferentes abordajes o disciplinas con el propósito de generar ideas que ayuden a resolver ese problema de forma eficaz o diferente. Las personas altamente creativas tienden a seguir este proceso en su cerebro, sin pensar aparentemente en ello. La solución creativa de problemas es un concepto formalizado como un proceso creativo para resolver problemas (CPSP, por

¹⁹¹ Kostas G. Relativity and the Equivalence Principle. Universidad de Murcia. 2014. [http://webs.um.es/bussons/EP_lecture.pdf].

sus siglas en inglés), este término lo desarrollaron Sidney Parnes y Alex Osborn (este último inventó la lluvia de ideas tradicional). El CPSP ha sido enseñado en el Centro Internacional de Estudios en Creatividad en Buffalo College, Buffalo, Nueva York desde la década de 1950, y consta de algunos pasos fundamentales:

1. Aclarar e identificar el problema

Esto puede parecer fácil, pero muy a menudo, lo que creemos que es el problema no es. Por ejemplo, si el problema de investigación fuese determinar ¿Cuál es la prevalencia de infecciones de transmisión sexual en los cuerpos de mujeres asesinadas?, se puede inferir que se necesita un nuevo proyecto de investigación, y se pudiera argumentar, que no es necesario ese estudio. Sin embargo, si se analiza el fenómeno, se replantea el problema para identificar la prevalencia de HIV en las mujeres violadas y asesinadas, entonces podría adquirir la investigación, otro sentido e impacto, puesto que pudiésemos incluso inferir sobre el posible perfil físico, laboral y emocional del agresor responsable, creando así un perfil criminológico, así como se puede observar, la mejor manera de aclarar y entender los problemas subyacentes, sería hacer una serie de preguntas sobre el proyecto para aclarar los verdaderos problemas detrás del mismo. Se sugiere aplicar las preguntas de “oro” de la criminalística una y otra vez, buscando nuevas variables a partir de nuevas respuestas. Estas preguntas son: **que** paso, **que** busco, **que** quiero, **que** ocurrió, **que** puedo esperar, **que** puedo modificar, **que** cambiará, de manera muy similar utilizando el: quien, como, cuando, donde, con que, y porque de Rudyard Kipling (véase capítulo 4).

Por ejemplo, usted puede tener un proyecto de epidemiología forense y quiere identificar si hay una relación causal de las refinerías de Petróleos Mexicanos y compañías asociadas, y si están relacionadas con el incremento de la prevalencia de leucemias y linfomas en las poblaciones de Salina Cruz en Oaxaca con la finalidad de crear políticas públicas de seguridad y salud. La pregunta sería ¿por qué me interesa investigar la prevalencia?, la respuesta

podría ser “porque los hematólogos y oncólogos reportan que la mayoría de sus pacientes con leucemias y linfomas provienen de Salina Cruz”, entonces pregúntese al menos otras cuatro veces más “¿por qué otra razón?”, las posibles respuestas serían “porque conozco a varias personas de esas ciudades que tiene leucemia”, “porque hay reportes en Tailandia de exposición al benceno con similares problemas”,¹⁹² “porque tengo familia en esas poblaciones” y “porque vivo en lugares donde hacen extracciones petroleras”. De hecho, si hubiese concentrado su energía creativa en resolver otro problema, no habría resuelto realmente el verdadero problema que le interesa.

Se puede aclarar el problema haciendo preguntas como: “¿Qué es lo que realmente deseo lograr?”, “¿qué me impide resolver este problema o lograr el objetivo?”, “¿cómo me imagino en seis meses, o un año, o cinco años como resultado de la solución de este problema?”

En el momento en que haya respondido a todas estas preguntas, debe tener una idea muy clara de cuál es su problema u objetivo real. El siguiente paso es decidir qué criterios utilizará para evaluar las ideas. Será necesario identificar si existen limitaciones presupuestarias, plazos u otras restricciones que afecten si puede o no seguir adelante con una idea. Piense en ello y haga una lista de tres a cinco criterios de evaluación. El siguiente paso en CPSP es investigar el problema con el fin de obtener una mejor comprensión del mismo.

¹⁹² Navasumrit P, Chanvaivit S, Intarasunanont P, Arayasiri M, Lauhareungpanya N, Parnlob V, Settachan D, Ruchirawat M. Environmental and occupational exposure to benzene in Thailand. *Chem Biol Interact.* 2005;153-154:75-83.

2. Formular desafíos creativos, identificación de hechos

o definición del problema

Un desafío creativo es básicamente una simple pregunta enmarcada para alentar sugerencias o ideas. Un reto comienza típicamente con “¿de qué manera podría yo...?” o “¿cómo podría...?” “¿cómo pudiera verificar la presencia de altas tasas de benceno en las personas con leucemias?”, en el caso de epidemiología forense.

Los desafíos creativos para definir un problema deben ser simples, concisos y enfocarse en un solo tema. Por ejemplo: “¿cómo puedo mejorar mis conocimientos en medicina legal y desarrollar un proyecto de física forense?”, en este ejemplo, son dos los desafíos completamente independientes. Tratar de generar ideas que resuelvan ambos retos será difícil, y como resultado, se extinguirá la generación de ideas. Por lo tanto, separar estas dos ideas en desafíos distintos y atacar con diferentes ideas cada pregunta sería ideal, por ejemplo: “¿cómo puedo mejorar mis conocimientos en medicina legal?” y “¿cómo puedo desarrollar un proyecto de física forense?”, este abordaje podrá ayudar a encontrar un enfoque lógico para resolver ambos problemas de una manera coordinada. O puede que encuentre que no hay una forma coordinada y cada problema debe abordarse por separado.

La definición del problema, no deben incluir criterios de evaluación. Por ejemplo: “¿cómo podría encontrar un método de identificación instantánea de DNA, y que detecte en forma simultánea rastros de pólvora, y que sea económico?” Si antepone criterios, limitará su pensamiento creativo. Así que simplemente pregunte: “¿cómo podría encontrar un método de identificación instantánea de DNA “ y después los otros problemas, después de generar ideas, puede utilizar los criterios para identificar las ideas con mayor potencial.

3. Generar ideas

Se trata de tomar sólo un desafío creativo y de generar por lo menos 10 ideas que pueden o no solucionar el desafío, se puede hacer esto en forma individual o en grupo. Siguiendo con el ejemplo: “tengo que cuantificar benceno e índices de mutación en las personas con leucemias y en controles de otras poblaciones aledañas, sin exposición a derivados del petróleo”.

Las ideas deben escribirse de forma lineal o plasmadas en un documento ocupando herramientas como un mapa mental; cabe destacar que existen programas de computadora especializados para ayudar a generar ideas. Existen algunas reglas mínimas que pueden facilitar esta tarea: anote cada idea que le venga a la mente, incluso si es absurda, estúpida o no resuelve el desafío. La mayoría de las personas suele criticar sus ideas y éstas suelen evolucionar con el tiempo y con la lectura sobre el tema, así que escriba todo. ¡Sin excepciones! el “*brainstorming*” no necesita ocurrir en el escritorio. Las mejores ideas han tenido lugar en ambientes relajados, tal como lo hacía Albert Einstein, quien le pedía a Elsa, su segunda esposa, que tocara el violín o el piano para poder imaginar cosas nuevas.¹⁹³

Otra manera efectiva de madurar ideas es darse un tiempo, es decir, si ha escrito infinidad de ideas y no tiene sentido, déjelas reposar por unos cuantos días para después recuperar las mejores (Véase Incubación, capítulo 2). Luego, usando los criterios que diseñó anteriormente, elija todas las ideas que cumplan con amplitud dichos criterios. Esto es importante. Si se centra sólo en las “mejores” ideas o sus ideas favoritas, lo más probable es que usted elija las menos creativas. Sin embargo, siéntase libre de incluir sus ideas favoritas en una lista inicial de ideas. Ahora califique las ideas de acuerdo con el número de criterios que estableció, por ejemplo, si fueron cinco criterios, la escala será del 0 al 5. Si una idea no obtiene puntaje, pregúntese ¿hay alguna manera de que se pueda mejorar para aumentar su puntaje? Si es así,

¹⁹³ Evernote. Albert Einstein’s Unique Approach to Thinking. Tips & stories. Recuperado de: [https://blog.evernote.com/blog/2017/01/11/albert-einstein-approach-to-thinking/.]

tome nota. Una vez que haya terminado, todas las ideas tendrán un puntaje de evaluación. Puede no ser que sus ideas favoritas cumplan con los criterios y viceversa, pero es más probable que las que no le gusten puedan ayudarle más a resolver su problema.

En otros casos, las ideas pueden necesitar ser desarrolladas de diferente manera. Con ideas complejas, una evaluación simple tal vez no sea suficiente. Es posible que necesite hacer un análisis FODA (fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas) o discutir la idea con otros investigadores o compañeros que tenga al alcance. Tenga en cuenta que no necesita limitarse a una idea ganadora. A menudo se pueden implementar varias ideas para resolver su desafío.

4. Elaborar un plan de acción

En este punto, usted tiene algunas grandes ideas. Sin embargo, mucha gente tiene problemas para motivarse a dar el siguiente paso. Las ideas creativas pueden significar grandes cambios o tomar riesgos. Elabore un plan de acción y ponga en práctica sus ideas. Las ideas que involucran mucho trabajo para implementar pueden ser particularmente intimidantes. Fraccionar estas ideas en una serie de tareas hace que sean más fáciles de manejar y aplicar. Del problema anterior: “Requiero escribir un proyecto de investigación relacionado con el problema epidemiológico forense de la contaminación con derivados del petróleo, que considere la opinión de los expertos”.

5. Ejecución de ideas, implementar las ideas

Este paso es en apariencia el más complicado. Hay que considerar qué factores están involucrados para el desarrollo de la idea. Lleve su plan de acción e implemente su idea. Nuevamente será necesario apoyarse en las preguntas de “oro” y realizar un diagrama de flujo o de Gantt para realizar las actividades.

Del problema: Para el problema de “la contaminación con derivados del petróleo se puede recurrir al método “Delphi”¹⁹⁴ para obtener el consenso de opiniones más confiable”.

Para finalizar, la creatividad y las estrategias para descubrir otras ideas en ciencias forenses, al igual que en otros muchos campos del conocimiento, nos puede facilitar no solamente la resolución de problemas, sino también la innovación.

¹⁹⁴ Díaz-Bravo L, García-Durán R. Descripción y usos del método Delphi en investigaciones del área de la salud. Investigación en Educación Médica. UNAM. 2012; 1(2): 90-95.

11. Creatividad en la Licenciatura en Ciencia Forense de la UNAM

Vicente Torres Zúñiga

El tema de los fundamentos, incentivos y apreciación de la creatividad es de gran interés en las sociedades donde el conocimiento se convierte en un activo. Es decir, un valor agregado para los países que buscan el éxito. De acuerdo con el periodista Andrés Oppenheimer,¹⁹⁵ las ideas innovadoras son el motor para las futuras economías. El quehacer científico requiere de una imaginación libre y del dominio de técnicas de alta especialidad, además de un pensamiento crítico. Debido a que cada caso forense muestra singularidades, este campo también requiere que el pensamiento metódico domine a la creatividad desbocada. En las siguientes líneas expondré ejemplos, particularidades, y modos de fomento de la creatividad en la ciencia forense, más aún lo centraré en tópicos especiales de física, que enseñamos en la Licenciatura en Ciencia Forense de la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM (LCF-UNAM), algunas de estas ideas ya se han aplicado para ayudar a resolver conflictos jurídicos, por lo que podemos hablar de su eficacia en el quehacer profesional.

Tratando de realizar una exposición clara y sugerente, he dividido las secciones por preguntas concretas, en un intento por alcanzar una representación mayéutica introspectiva del tópico (en un humilde intento socrático de transmitir mis ideas), y representando menos una investigación exhaustiva del estado actual de la tendencia del binomio creatividad-forense. Espero que

¹⁹⁵ Andrés Oppenheimer, ¡Crear o morir!: cómo reinventarnos y progresar en la era de la innovación. Vintage Español. Una división de Random House LLC. 2014. [http://vamosseleste.com/img/biblioteca/Crear_o_Morir.Oppenheimer.pdf].

el lector pueda comprender el mensaje: Todos podemos ser creativos, todos podemos ser científicos; incluso los forenses.

**1. Si partimos de que la creatividad es la capacidad
o facilidad para inventar o crear. ¿Los científicos son creativos?**

Revisando la historia de los descubrimientos científicos, muchos de ellos importantes en el quehacer forense, de diferentes disciplinas encontraremos múltiples ejemplos de procesos creativos. Mencionaremos tan solo tres casos relevantes. El descubrimiento del principio de Arquímedes,¹⁹⁶ alrededor del año 212 a. C., tal vez fue la primera participación de un físico para auxiliar a un juez a lograr un veredicto. La historia afirma que a Arquímedes de Siracusa se le encomendó averiguar si una corona era de oro puro o una aleación con plata; de modo que el investigador debía de trabajar sin alterar lo que actualmente llamamos indicio. Según la leyenda, el griego observó que su cuerpo desplazaba agua de una bañera en proporción al volumen que entraba en el líquido, de donde le surgió la idea de que las sustancias puras presentan una densidad característica, de modo que se podía comparar la densidad de la corona con el equivalente de oro puro: ahora podía desenmascarar el fraude contra el rey Hierón. Ante tal revelación, parece que Arquímedes salió corriendo por las calles, desnudo y gritando: “¡Lo he encontrado!”. Por este y otros ejemplos de ingenio, a Arquímedes se le recuerda como uno de los personajes más creativos de la historia.

Otro caso icónico de creatividad es el de James Watson y Francis Crick,¹⁹⁷ quienes contrastaban datos físicos y químicos del comportamiento molecular del ácido desoxirribonucleico, ADN, pero utilizaban laminillas metálicas y alambres para construir modelos tridimensionales de la molécula. Es decir, construían un modelo a escala de la molécula de modo que tal estructura

¹⁹⁶ Sparavigna AC. The Vitruvius' Tale of Archimedes and the golden crown. Cornell University Library. 2011. [<https://arxiv.org/abs/1108.2204>].

¹⁹⁷ James DW. La doble hélice: Relato personal del descubrimiento de la estructura del ADN. Alianza Editorial. 2011.

fuera coherente con la información proporcionada por los laboratorios. En una época donde las primeras computadoras eran lentas, complicadas de programar y de difícil adquisición, la visión de estos dos investigadores era realmente muy sagaz, y de tal importancia como para otorgarles el premio Nóbel de medicina en 1962. Años después, el descubrimiento de la distribución de doble hélice del ADN derivaría en una técnica de identificación forense de alta precisión y popular en los tribunales.

Como último ejemplo, me parece conveniente recordar la tragedia del transbordador espacial *Challenger*, que arrebató siete vidas, al explotar a los pocos segundos después de despegar en la mañana del 28 de enero de 1986. Pronto, el gobierno estadounidense formó una comisión investigadora especial; entre sus miembros se encontraba Richard Feynman, el premio Nóbel de física 1965,¹⁹⁸ quien siempre mostró gran creatividad, inventó una técnica que sustituía engorrosas integrales analíticas por garabatos que seguían las reglas del comportamiento físico de las partículas elementales. Para este caso forense, el investigador seguía sus propios métodos indagatorios y de confirmación. Así, durante una conferencia de prensa Feynman presentó un pedazo de plástico que se utilizaba para dividir los compartimentos de combustible que elevaban al transbordador: prensó el material y lo introdujo en agua fría; pero la junta no recuperaba su tamaño original después de sacarla del agua y liberarla de la prensa. Es decir, demostró que el retén perdía plasticidad por la variación de presión y temperatura, que causó una de las mayores tragedias de la industria aeroespacial. Se pueden mencionar más ejemplos donde los investigadores muestran creatividad para descubrir cómo se comporta la naturaleza y a la vez ayudar a un juez a alcanzar una decisión final. Me parece claro, que, en estos términos, los científicos son audaces en sus medios para realizar conjeturas, pero prudentes para afirmar cómo es la realidad que vivimos.

¹⁹⁸ Feynman R. ¿Qué te importa lo que piensen los demás? Nuevas aventuras de un curioso personaje tal como fueron referidas a Ralph Leighton. Alianza Editorial. 2016.

2. En su quehacer, ¿cómo se manifiesta la creatividad del científico forense?

Cuando me refiero al científico forense, pienso en el investigador contemporáneo que actúa por mandato judicial, quien cuenta con poco tiempo para obtener un dato relevante de su objeto de estudio: el indicio. Este investigador debe utilizar métodos aceptados por su comunidad de expertos y sus conclusiones impactarán la vida de un indiciado, víctima, o un ofendido. En lugar de escribir un artículo o capítulo de libro, en el sistema penal adversarial y acusatorio (como el que actualmente adoptó México), él debe presentar por escrito un resumen y defenderlo de modo oral ante un tribunal, que estará conformado por personas que, por seguro, desconocen su quehacer técnico. En general, el reto a la creatividad de tal investigador es muy demandante. Debe mostrarse sistemático y formal; a la vez que empático y perspicaz. Revisaremos tres ejemplos, que siguen las etapas de investigación y presentación de datos ante la corte.

Supongamos que en una recámara se suscitó un evento que desencadenará una investigación forense. La autoridad a cargo de la investigación deberá ser muy observadora y eficiente para generar hipótesis que expliquen lo que sucedió en ese lugar; esas ideas se reforzarán o descartarán en función de la información preliminar. La imaginación del forense será guiada por su formación previa, pero será regulada por su disciplina metódica. De modo que seleccionará algunos indicios para ser estudiados a mayor profundidad en laboratorios especializados. En los estudios de gabinete, el investigador seguirá un protocolo para analizar los indicios. Pero de encontrarse en una situación atípica, recurrirá a otros medios legales para complementar la investigación. Instrumentos más refinados o novedosos que estén a su disposición, revisará la literatura más prestigiosa que le permita obtener información valiosa. De tal modo, que conforme una teoría del caso. Es decir, contará con una explicación coherente, que a partir del estudio de los indicios le permita la reconstrucción de los hechos sucedidos en aquella recámara.

En su presentación de resultados ante la corte, el perito deberá mostrarse claro y preciso, aún con las limitaciones protocolarias y jurídicas que padece el proceso. Él podrá auxiliarse de metáforas, de medios audiovisuales modernos, modelos, maquetas, de demostraciones u otros medios que le permitan transmitir su mensaje. En resumen, el científico forense necesita de creatividad para imaginar que sucedió en un lugar de investigación, en conformar una teoría creíble con base a los hechos, y de la habilidad para explicar su investigación ante un público carente de especialidad. Debo advertir que esta descripción parece delinear principalmente al criminalista de campo; con todo, me parece que también delinea a grandes trazos a otros perfiles de especialidad.

En la Licenciatura en Ciencia Forense de la UNAM se adoptó el modelo por competencias para que los alumnos desarrollen habilidades y adquieran conocimientos, pero tal vez lo más importante que aprendan, es a aprender rápido en situaciones de interés forense. Por medio de escenificaciones se simulan casos reales, donde el alumno debe mostrar eficiencia y eficacia para identificar, documentar y recolectar los indicios. Posteriormente, acude a los laboratorios y realiza (dentro de las posibilidades) las pruebas y reportes de sus observaciones. Por último, en una sala especialmente acondicionada como sala de juicio oral, expone su método, resultados e interpretaciones. Más allá de las asignaturas curriculares, mediante la conjunción de estudios de caso donde deben participar transversalmente las especialidades y con el apoyo de diferentes perfiles de profesionales que colaboran en la formación de estos estudiantes, se forma al licenciado en ciencia forense. Así, debo mencionar que es una exigencia también para el profesor ser creativo en tal contexto. Pues debe estudiar a profundidad los casos y establecer con claridad la meta pedagógica a lograr. Además de adquirir los medios para la escenificación y estar preparado para las eventualidades que presente el desarrollo de la actividad que comienza con el ingreso al lugar de investigación, sigue en los

laboratorios y se remata en un examen oral en la sala audiencias. Por tanto, ser instructor de ciencia forense exige también ser creativo.¹⁹⁹

3. ¿Se puede estimular la creatividad en el científico forense?

La creatividad está rodeada de mitos sobre inspiración y epifanía, muchos creen que solo los iluminados o los genios pueden alcanzar tales estadios intelectuales. Pero la creatividad es menos mágica y más una forma de aplicar ciertas estructuras de pensamiento sobre los materiales existentes. Por ejemplo, uno de los fundadores del cálculo infinitesimal, Issac Newton, afirmó: *“Si he logrado ver más lejos, ha sido porque he subido a hombros de gigantes”*. En el mismo sentido, el padre de la ingeniería industrial, Henry Ford señaló: *“no inventé nada nuevo. Simplemente junté los descubrimientos de otros hombres que trabajaron en eso durante siglos. El progreso ocurre cuando todos los factores que lo constituyen están listos y entonces es inevitable.”* Y el tecnólogo revolucionario, Steve Jobs dijo: *“los buenos artistas copian, los grandes roban”*. En palabras más coloquiales: *“todo es un remix”*. En tal sentido, de acuerdo con autores como Kirby Ferguson,²⁰⁰ los elementos primordiales de la creatividad son cinco: copiar, transformar, combinar, imaginar y escribir.

Es forzoso aclarar que no se pretende fomentar la mediocridad y el robo de obras; más bien, la cooperación y el intercambio de ideas en ambientes donde impere la diversidad. Se requiere aplicar éticamente la creatividad en nuestra sociedad, donde, por un lado, se castiga el plagio (especialmente por leyes de patentes y derechos de autor), y por el otro, como nunca en la historia de la humanidad, están a disposición medios para obtener y herramientas para editar de modo sencillo la información fijada en imágenes, audio y escrita. En tal contexto, el científico forense en formación o profesional debe ser expuesto frecuentemente a diferentes perfiles profesionales, a distintos

¹⁹⁹ Gutiérrez CA. Manual de Ciencias Forenses y Criminalística. Trillas. 2012.

²⁰⁰ Kirby Ferguson: Acepta el remix. TEDGlobal. 2012. [https://www.ted.com/talks/kirby_ferguson_embrace_the_remix?language=es].

investigadores de contextos culturales. De ese modo, obtendrá nuevas ideas frescas y estimulantes.

El científico forense debe reproducir, en la medida de lo posible, los trabajos de sus colegas. Pues para conquistar la maestría en un arte se debe dominar la técnica. Esto también es un acto puro de refutación o comprobación de resultados, que es popular en la actividad científica y que, además, exige esquemas jurídicos, como el popular estándar Daubert, para valorar la prueba científica en la corte. Más aún, en la formación del forense, se requiere que el estudiante vea por sí mismo que puede obtener conclusiones equivalentes ante estudios similares. Esta idea es disruptiva donde (por desgracia) la mayoría de los colegios de criminalística utilizan libros de texto como verdades anquilosadas, pese a que provienen de tierras y tiempos lejanos. En tal perspectiva, se debe fomentar copiar los métodos y las técnicas forenses entre los colegas de especialidad. En su segunda etapa, para alcanzar la creatividad se debe transformar conscientemente un elemento. Cuando se comprende el objeto de estudio, se pueden manipular las variables con control. De tal modo que se puede buscar mejorar el método o la técnica, sin importar que pertenezcan al ámbito de las ciencias sociales o naturales, por ejemplo, identificar y entender como se transforma un objeto. La manipulación deliberada implica comprender sus alcances, que también es una característica de la ciencia, en su mejor expresión, este proceso le nombramos: experimento.

La siguiente etapa de la creatividad es la mezcla de materiales. Esto se puede lograr forzando al estudiante o al investigador a proponer una mejora artificial. Por ejemplo, escoger una técnica o método y buscar vías para hacerlo de un modo diferente: más rápido, más pequeño, más económico, etc. Algunos sugieren que este proceso de transformación debe ser rápido y evaluarse de inmediato, para detectar fallos y corregirlos con la misma velocidad, en ingeniería de procesos se le denomina: investigación por prototipos, y la han adoptado comunidades creativas como las de *Silicon Valley*. Finalmente imaginamos para “detallar la idea” y escribimos. Por supuesto, que se requieren

condiciones sociales para que estas etapas se concreten. Es imposible que se cuente con colegas o estudiantes creativos en entornos pantanosos, opresivos o aislados.

En lugar de considerar el intercambio y mezcla de ideas como una consecuencia del plagio vulgar, se debe apreciar como el motor de la creatividad, el que permite mejorar los métodos, que tanto necesita el quehacer forense. Por ejemplo, los autores Stephen J. Dubner y Steven Levitt²⁰¹ han popularizado estas ideas sobre la innovación rápida y el registro de experimentos presentando ejemplos variopintos en sus libros, entre los más interesantes se encuentran sus apuntes criminológicos con perspectiva económica sobre la estructura y organización de narcotraficantes y prostitutas, así como de fraudes académicos.²⁰² Mención especial merece su teoría sobre la disminución de delitos en Estados Unidos durante la década de 1990. Según los investigadores, fue la aprobación de leyes a favor del aborto la que condujo a que los viejos delincuentes no fueran reemplazados por jóvenes. Una idea polémica, pero creativa. La misma mecánica ingeniosa se puede replicar en nuestro país, cuando los académicos y los investigadores forenses conjunten esfuerzos en un marco democrático y de libre acceso a la información con sentido ético a los derechos humanos. Tengo esperanza de que tal escenario está próximo, pues sus cimientos se solidifican cada vez que un académico y un perito nos estrechamos la mano, como hoy sucede en la UNAM.

4. ¿Qué aportan los cursos de física a la creatividad de los alumnos de ciencia forense?

La física es una de las ciencias naturales más exitosas en nuestra sociedad. Los integrantes de esta disciplina han utilizado diversos enfoques para responder a cuestiones múltiples, algunos ejemplos ya los hemos mencionado. Pero sus herramientas principales han sido: el modelaje, la matematización y

²⁰¹ Steven DL, Stephen JD. Piensa como un freak. SA Ediciones B. 2015.

²⁰² Steven DL, Stephen JD. Freakonomics. Un economista políticamente incorrecto explora el lado oculto de lo que nos afecta. New York Times Bestseller. 2009.

la instrumentación. Sobre este respecto, mencionaremos un par de proyectos didácticos que implementamos en la Licenciatura en Ciencia Forense de la UNAM. Cuando un físico se refiere a modelo, quiere decir que los elementos principales del objeto de estudio son representados por componentes más fáciles de manipular. Así, por ejemplo, si se requiere estudiar una colisión de un vehículo para representar la mecánica de un accidente vial, en lugar de provocar una tragedia, se utiliza un modelo. Cuando la economía lo permite, este modelo puede estar compuesto por un automóvil, jalado por una cadena para estrellarse contra una pared, mientras cámaras ultrarrápidas registran el evento para su posterior videoanálisis. Una versión menos onerosa, pero útil para estudiar colisiones es la construcción de pequeños carritos que cuentan con dos acelerómetros (uno colocado en el frente y el otro en la parte trasera de la unidad) estos dispositivos envían sus señales por vía inalámbrica hasta una computadora; el mismo módulo cuenta con compartimentos donde se pueden introducir barras de plomo, por lo que se puede variar el centro de masa del carrito. Así, este modelo²⁰³ permite estudiar, más allá de partícula puntual, las variaciones de velocidad, distribución de peso, impacto contra diferentes blancos (Figura 11.1). Desde la perspectiva reduccionista, tan típica de la física clásica, hemos encontrado que los estudiantes consideran a esta propuesta como muy creativa y atractiva, de algún modo el estudio formal y la actividad lúdica se conjuntan en esta propuesta físico-forense.

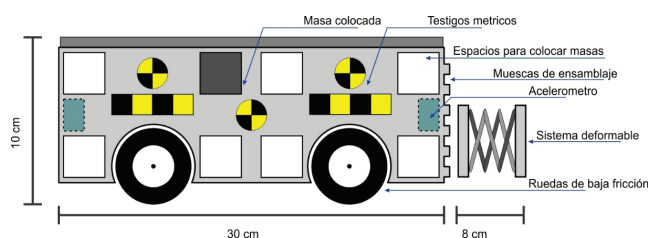


Figura 11.1. Esquema del prototipo del carrito chocón utilizado para estudiar los fundamentos físicos de una colisión desde la perspectiva forense. Este innovador dispositivo se construyó en la LCF-UNAM.

²⁰³ Chamizo G. De la paradoja a la metáfora: La enseñanza de la química a partir de sus modelos. Siglo XXI Editores. 2013.

Del carrito se obtienen datos de la aceleración durante el impacto; los cuales se deben analizar para obtener la velocidad antes del contacto. Lo cual se puede lograr sumando los mismos datos; es tan sencillo que se puede programar en una hoja de cálculo. Pero implica enseñar los fundamentos de métodos numéricos y en particular de cálculo integral. Mucha gente considera estériles y aburridas a las matemáticas, por lo que su aprendizaje se hace deficiente. La perspectiva forense para motivar el aprendizaje, y el pragmatismo operativo pudiera ser la semilla para fomentar al estudiante a profundizar en los temas de matemáticas avanzadas. Por sí solas, las matemáticas promueven el pensamiento creativo, en especial en un área forense donde se buscan las causas que provocan los efectos observables (que llamamos indicios). En las matemáticas, este campo adquiere el nombre de “problemas inversos”, que es demandante de soluciones creativas, pues las soluciones heurísticas son más comunes que las algorítmicas. Las matemáticas, no son un freno, son la lanzadera de la imaginación de los científicos forenses.

El crecimiento de la ciencia se correlaciona con el progreso tecnológico. Cuanto más sensibles son nuestros sentidos gracias a la ayuda de instrumentos, más detalles observamos y nuestra visión se perfecciona. Por ello, para el científico es primordial adquirir mejores herramientas que le faciliten descubrir las reglas que gobiernan a la realidad. De la misma forma que los programas educativos de las escuelas de artes libres, el desarrollo de instrumentación básica y didáctica lo desarrollamos mediante plataformas cómodas para construir interfaces entre aparatos, computadoras y humanos. Por ejemplo, el sistema Arduino es sencillo de aprender, además de flexible y económico; prototipos que analizan la luz emitida por sustancias para hacer una identificación de materiales (Figura 11.2), este dispositivo recibe el nombre formal de espectrógrafo de absorción en la región visible del espectro electromagnético. En tal sentido, ha sido importante que los alumnos forenses (sin importar su perfil vocacional) aprendan a programar, pues además de acostumbrarlos a estructurar una solución, les brinda la oportunidad de construir sus propias herramientas tecnológicas. Después de todo, afamados cantantes

de música pop y electrónica como *Will.i.am*, de la agrupación *Black eyed peas*, alientan a los jóvenes a aprender a hacer sus propios códigos de computadora. Es inherente en el humano manifestar su creatividad al construir herramientas, la programación es solamente una manifestación de tal hecho.

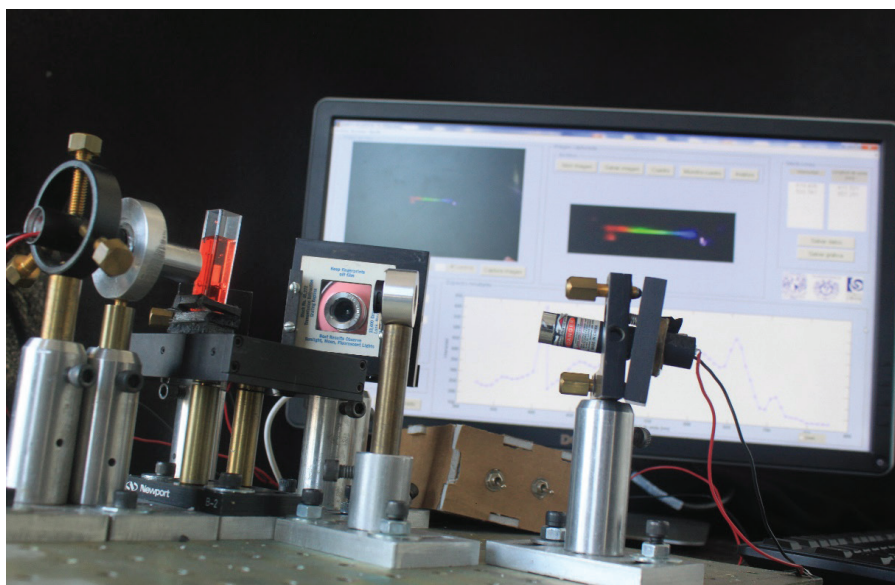


Figura 11.2. Fotografía desde una perspectiva artística, del prototipo didáctico construido en la LCF-UNAM para analizar la interacción por absorción lumínica de la materia en el intervalo visible del espectro electromagnético.²⁰⁴ Por el tipo de piezas caseras utilizadas, esta propuesta se puede considerar creativa.

La enseñanza de la física en el ámbito de la ciencia forense es *ad hoc*. Se debe ajustar al perfil profesional y salir del modelo tradicional de cátedra por parte del profesor. Es que la ciencia forense trata, en lo general, su objeto de estudio de modo diferente que la física. Los cursos deben salir de los labora-

²⁰⁴ Águila CFJ., Construcción de un espectrómetro UV-Vis didáctico para aplicaciones en el área forense. Tesis para obtener el título de Licenciado en Física. 2016.

torios de cuatro paredes, deben fomentar que actividades procedimentales y tratar de encontrar las causas de los efectos observados. Pero a la vez, deben conservar el pensamiento crítico y el análisis profundo que brinda el enfoque matemático. En otras palabras, el curso de física debe fomentar la creatividad del alumno.

Conclusiones

El fomento de la creatividad es estratégico para el progreso de nuestra comunidad. Es por medio de la innovación que progresaremos y estaremos listos para los retos venideros. Sin duda, una de las actividades donde más se manifiesta el ingenio es en la ciencia; son diversos y muchos los ejemplos que ilustran la creatividad en el descubrimiento de los mecanismos que gobiernan a la realidad y a la naturaleza. Con todo, el campo de la ciencia forense requiere en especial gente creativa. Las dificultades intrínsecas de su objeto de estudio (en especial la pérdida de información), el requerimiento de un protocolo procedimental y las etapas diferentes donde se debe mostrar agudeza mental exigen un científico forense especialmente creativo. En entornos donde se puede intercambiar ideas, ponerlas a prueba, cambiarlas, perfeccionarlas y combinarlas es donde más se promueve que los individuos y los equipos de trabajo sean más innovadores. Tal vez este entorno propicio sea la Universidad, donde catedrático, perito, investigador, juez, abogado y estudiante puedan construir algo mejor, algo nuevo. Al menos, en la Licenciatura en Ciencia Forense, tratamos que se presenten tales condiciones para lograr el *remix*. Así, la física y la ingeniería pueden brindarle perspectivas singulares a este campo, que resuelvan puntualmente algunos problemas forenses. La visión más refrescante para el quehacer forense actual será la que le brindará la ciencia desarrollada por su propia comunidad.

Agradecimientos

VTZ agradece al financiamiento del programa UNAM-PAPIME-PE107216.
También a los comentarios del M. I. Saulo Gonzalo Carmona Contreras.

Una fusión dinámica entre ciencia y creatividad

Se terminó de imprimir en la
Ciudad de México en abril de 2018
con un tiraje de 1000 ejemplares.

Para su composición se utilizaron
las fuentes Goudy Old Style y Century Gothic.

Esta colección multifacética incluye la obra “Una fusión dinámica entre ciencia y creatividad”, la cual intenta acercar al lector a la neurobiología de la creatividad, y al diseño y construcción de problemas e hipótesis creativas. Además, proporciona herramientas que pueden ser de utilidad para el estudiante o profesional interesado en la investigación. Por otra parte, se dan ejemplos de los avances en las ciencias biomédicas y forenses en cuanto a la creatividad e innovación se refiere.



ISBN: 978-6079756505



9 786079 756505