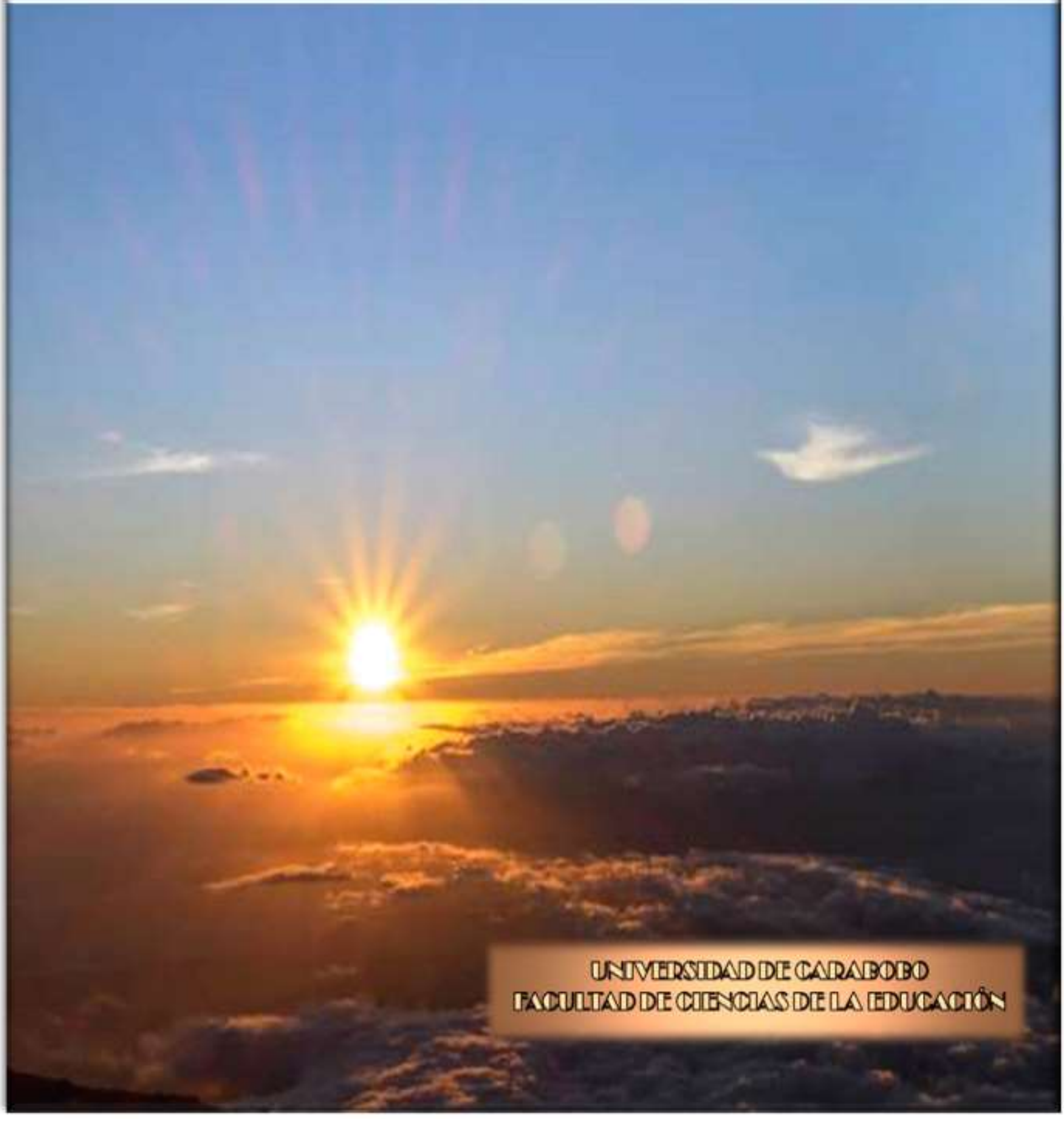
HOMOTECIA

CÁTEDRA DE CÁLCULO - DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA y FÍSICA – FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN – UNIVERSIDAD DE CARABOBO

© Rafael Ascanio H. – 2009. Hecho el Depósito de Ley. Depósito Legal: PPi2012024055 – I. S. S. N.: 2244-7385
E- mail: homotecia2002@gmail.com - Nº 8 – AÑO 21 Valencia, Martes 1º de Agosto de 2023



HOMOTECIA
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA Y FÍSICA - FACE - UC
CÁTEDRA DE CÁLCULO

Índice

Revista HOMOTECIA
© Rafael Ascanio H. – 2009
Hecho el Depósito de Ley.
Depósito Legal:
PPi2012024055
I. S. S. N.: 2244-7385

e-mail:
homotecia2002@gmail.com

Publicación Mensual
Revista de acceso libre

Publicada por:

CÁTEDRA DE CÁLCULO
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA Y FÍSICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
UNIVERSIDAD DE CARABOBO

Nº 8- AÑO 21 - Valencia, Martes 1º de Agosto de 2023

Diseño de Portada y Montaje Gráfico: R. A. A. H.
La mayoría de las imágenes que aparecen en esta publicación, son obtenidas de Google, Facebook y MSN, vía Internet.
Para el acceso a todos los números publicados de la Revista HOMOTECIA, conectarse al enlace: http://servicio.bc.uc.edu.ve/homotecia/index.htm

EDITORIAL

Ciencia, Matemática, Cine y Series de Televisión. Era y aun es común que durante el proceso de crecimiento y desarrollo evolutivo del cine y la televisión durante el transcurso del siglo XX y en estas primeras décadas del XXI (conlleva cambios cualitativos estructurales), que los argumentos utilizados por los guionistas de los programas presentados versaran y versen sobre temas sentimentales, de humor y comedia, de aventura, policiacos-detectivescos, de epopeyas históricas, de epopeyas deportivas, de suspenso y terror, de ciencia-ficción, temáticas sociales, futurísticas, para citar algunos de los más evidentes. A estos argumentos, en su mayoría, no es costumbre tratarlos con mucha profundidad, pero sí con una validez razonablemente apegada con frecuencia a la verdad y si es necesario, con cierto grado especulativo obedeciendo a la atracción que debe producirse en el mercado captado; esto posiblemente ocurra así porque con el cine, la televisión (también puede incluirse la radio y a la actual tendencia de publicar en algunas páginas Web de Internet programas televisivos, películas destinadas al cine, musicales y otras variedades) se tiene como propósito principal entretener y divertir al público.

Más allá de la ciencia-ficción, la ciencia y la ficción como fuentes de los argumentos utilizados por los guionistas, han aportado no solo buenos y significativos elementos sobre los cuales tenemos que aceptar la trascendencia desde su pasado, el impacto futurista producido en nuestro presente.

En la década de 1960, por lo menos en Venezuela, nos asombraron series televisas que como la de *Batman*, por ejemplo, se mostraban un conjunto de inventos hasta ese momento nunca presentados en este tipo de programas, pero que en el caso de esta serie se podían considerar la utilización de los avances científicos del momento en innovaciones tecnológicas utilizadas como herramientas que aumentaban la potencia anatómica de los personajes.

También las *tiras cómicas* presentaban artefactos nunca imaginados y que en la mayoría de las veces parecía imposible que surgieran. Es el caso del comic *Dick Tracy*, de gran aceptación entre el público venezolano, sobre todo el infantil, en la década de 1960 y que hasta del mismo se hizo una película (protagonizada por el conocido actor de Hollywood, *Warren Beatty*). Lo que entre otras cosas llamaba la atención, era que el protagonista de la misma, Dick Tracy, utilizaba en una de sus muñecas un *reloj* que además de este rol hoy en día podemos decir que funcionaba como *teléfono-vídeo móvil*, es decir con la misma función de muchos teléfonos celulares que en la actualidad utilizamos. El personaje protagonista al llamar o ser llamado, conversaba con su interlocutor cuya cara (lo más frecuente usado en la tira cómica) aparecía en la pantalla del reloj, en una conversación *person to person*.

Bueno, dirían, futurísticamente se compensa con los celulares. Pero resulta ser que, en una visita realizada días atrás a una tienda comercial de Movistar en el C. C. Sambil Valencia, tal tipo de reloj existe (lo están vendiendo, según informaron, desde unos cuantos años atrás), es reloj y *teléfono-vídeo móvil*. Cuando supimos lo que era, nos acordamos de *Julio Verne*: *"Si un hombre se imagina una cosa, otro la tornará en realidad"*.

Otra *tira cómica* futurística vista en televisión en esa década del 60, fue la de *Los Supersónicos*. ¿Cuántos inventos y actividades virtuales hoy en día tan comunes fueron presentados en la misma?

El cine. Más de tres décadas han pasado desde que se estrenó en 1989 la primera de las tres películas de la secuela de *"Regreso al futuro"*, producida por Steven Spielberg, dirigida y escrita por Robert Zemeckis (Bob Gale colaboró también como guionista) y protagonizada por Michael J. Fox como *Marty McFly*y Christopher Lloyd como el *Dr. Emmett Brown*, el famoso *Doc*. Este conjunto de filmes elaborados con el propósito de entretener y divertir al público se fundamentaron en el argumento de unos personajes que mediante un *auto-máquina del tiempo* podían principalmente viajar al futuro, también al pasado y regresar al presente. Una de las características argumentales de estas películas era presentar logros científicos y técnicos así como eventos que se sucederían en años futuros (también especularon sobre como posiblemente sucedieron hechos del pasado).

Llamó la atención particularmente, como algo anecdótico, el caso relacionado con el Equipo de Beisbol de las Grandes Ligas, *Cachorros de Chicago*. Cuando se proyectó veinte años antes una secuela de la película ambientada en el año 2015, este equipo iba camino a cumplir más de cien años desde la última vez que ganó una Serie Mundial. En la película se detalla que en ese año 2015 los Cachorros de Chicago ganan la Serie Mundial, rompiendo con más de cien años de derrotas consecutivas.

Pero esto no es lo asombroso del caso, ni lo que causa la anécdota, ya que en un deporte donde se gana y se pierde, el que se gane después de perder mucho y continuo, es una posibilidad que estadística y probabilísticamente puede ocurrir. Lo asombroso es que el caso se transformó en una *predicción* que fue hecha veinte años atrás y que se cumplió *con un margen de error históricamente poco significativo*: **los Cachorros de Chicago ganaron la Serie Mundial en el año 2016**, es decir un año después de la predicción hecha y después de 108 años sin ganar un campeonato.

Pero esta serie de películas *"Regreso al futuro"* nos sorprende también porque en las mismas aparecieron unos inventos que con el tiempo ya son realidades. Citemos: **GAFAS INTELIGENTES**, gafas multiusos que sirven de reloj, para ver programas de televisión o contestar llamadas. Hoy en día, existen inventos similares como Google Glass u OculusRift. No se usan de manera masiva y convencional aun pero ya se está trabajando en ello. **RECONOCIMIENTO TÁCTIL**, al ser usado sobre todo en Smartphone, ya es algo habitual en el presente. Abrir puertas reconociendo la huella de la persona, aunque no generalizado, sí existe. Por ejemplo, el Hotel Alma de Barcelona, España, ya tiene ese sistema sofisticado de apertura táctil.

VIDEOLLAMADAS. En 1989, una video llamada parecía algo imposible y sólo existía en el imaginario futurista. Actualmente, es más que posible mantener una conversación en vídeo no sólo desde la televisión (con Skype y conexión a Internet) sino en otros tipos de plataforma como los móviles o las tabletas. **TABLETAS (Tablets)**. Cuando las tabletas aparecieron en la película, nadie podía imaginar que se convertirían en una tecnología tan popular. Las tabletas, como el iPad, son un medio más que está entre los ordenadores portátiles y los Smartphone de alta gama.

Y en ese estilo, se tienen otras invenciones hoy hechas realidades, otras en proceso de realizarse y algunas que ya hasta han pasado de moda (el Fax, por ejemplo).

No solo esta secuela de películas nos ha asombrado con aportes de la ciencia y la ficción, muchas lo han hecho pero la masificación del cine como medio de entretenimiento y diversión no tiene el mismo alcance de la televisión en este contexto. El acceso masivo a la televisión es totalmente casi a diario.

En Venezuela, la televisión tradicional nos presentaba los programas románticos (las famosas novelas), culturales, shows musicales, de concurso, periodísticos (noticieros y de opinión), deportivos, de comedia y humor, entre los más usuales. Pero llegó la televisión por cable y se diversificó aún más la oferta de programas a sintonizar.

(CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA)

(VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR)

Las series televisas provenientes del extranjero, se hicieron presente y comunes en nuestros aparatos receptores (televisores). La gama ofrecida es muy variada pero llama mucho la atención y captan muchos fanáticos las policiales y detectivescas, sobre todo las que tienen que ver con *criminología*.

The Mentalist (El Mentalista), una serie con poco argumento científico y técnico pero donde el protagonista utilizaba la lógica al máximo, con un evidente uso de los silogismos, para el estudio de la secuencia de los hechos de un proceso delictivo que le permitían dar con la sucesión de los mismos en relación con el crimen en cuestión, obteniendo la solución. Pero la manera como lo hacía demostraba que los argumentistas estaban bien asesorados para construir el guión con la intención de convencer a los espectadores que el protagonista, como diría Martin Heidegger, *sabía pensar*. Un detalle particular era que el personaje principal, *Patrick Janes*, era considerado *un mentalista* pero él afirmaba que no lo era, es más opinaba que *"los mentalistas no existen"* y cuando le recriminaban qué era entonces lo que realizaba afirmaba *"trato de estudiar muy bien a las personas relacionadas con cada caso"*.

CSI Miami (Investigación de la Escena del Crimen – Miami). No era la única en su tipo, también se hicieron otras relacionadas con ciudades diferentes. Esta serie estaba ambientada en el trabajo de expertos forenses que se desempeñaban en el Laboratorio de Criminalística de la ciudad de Miami. Estos analizaban la escena del crimen, combinando el uso de métodos científicos con el trabajo policial. Se puede detallar el minucioso análisis que hacían disponiendo de equipos producto de la tecnología de punta, de las características del ADN, huellas dactilares, reconocimiento facial entre otros; pero todo ello fundamentados con explicaciones científicas y técnicas que hacían ver que los argumentistas del programa habían solicitado el asesoramiento de verdaderos expertos en el área.

Criminal Minds (Mentes criminales). Esta serie mostraba el trabajo de los miembros del equipo de la Unidad de Análisis de Conducta del FBI, una brigada élite conformada por un grupo de investigadores de diversas ramas de la criminología que se dedicaba a hacer análisis psicológicos según las evidencias disponibles, a criminales para facilitar su captura, tratando de anticipar ataques futuros de estos peligrosos sujetos. La serie evidenciaba con frecuencia que los argumentos se elaboraban con asesoramiento de expertos en psicología. En uno de los capítulos, el personaje *Dr. Spencer Reid* le explica a otro que *"el ignoto* (haciendo referencia al criminal cuando aún no está identificado) *acondiciona a la víctima utilizando técnicas de tortura"*.

El otro personaje le pregunta: *"¿Cómo debe entenderse lo que Ud. dice?"* y el *Dr. Ried* le responde: *"Sigue una metodología pávlovsiana para convencer a su víctima que merece lo que le va a ocurrir"*. El otro le contesta: *"¡Ah!"* indicando que entiende lo que le dijo pero en lo que respecta al programa, esta respuesta da validez al argumento utilizado.

Pero el *colofón dorado* de estas series es *The Big Bang Theory* (La Teoría del Big Bang), finalizada en 2019 tras doce temporadas de puesta en escena. Una comedia humorística que presentaba a personajes caracterizando a un grupo de científicos *nerds* (los tradicionales cerebritos), quienes en cada capítulo utilizaban argumentos impregnados de teorías científicas reales, es decir las que son frecuentes de escuchar en científicos verdaderos. No solo los argumentos estaban impregnados de teorías científicas y tecnológicas, sino que en la serie aparecieron en algunos capítulos, científicos destacados, incluso ganadores del Premio Nobel de Física, por ejemplo *Gérard Mouro, Arthur Ashkin y Donna Strickland*, ganadores del premio en 2018.

El asesoramiento de científicos para formular los argumentos manejados en la serie, se nota hasta en el origen de los nombres de algunos de los personajes. Según los productores del programa, en el caso de *Sheldon Cooper*, este nombre surgió al combinar los de *Sheldon Glashow*, quien ganó el Premio Nobel en Física 1979, y el de *Leon Cooper*, quien ganó el Premio Nobel en Física 1972. En el caso de otro de los personajes, *Leonard Hofstadter*, tomaron el apellido de *Robert Hofstadter*, ganador del Premio Nobel en Física 1961.

Pero como hemos insinuado en los párrafos anteriores, ciencia, cine y televisión a menudo se dan la mano. Ha sido frecuente que elementos que aparecen en películas y series de TV sirvan y han servido como idea de partida para el desarrollo de investigaciones científicas que acaban convirtiéndose en realidad lo que antes solo se creía posible solo en la ficción.

Uno de estos casos lo protagonizaron dos matemáticos de la Universidad Dartmouth en Nuevo Hampshire que, con base en un diálogo de un capítulo de The Big Bang Theory, descubrieron una nueva propiedad de los números primos.

Todo surgió mientras Carl Pomerance, experto en teoría de números de la Universidad Dartmouth, veía el episodio número 73 de la serie The Big Bang Theory.

En una de las tantas referencias científicas que tiene la serie, los guionistas aprovecharon que era el episodio 73 para poner en boca del personaje *Sheldon Cooper* una de sus delirantes teorías matemáticas.

En un momento del episodio, el genial físico teórico le pregunta a sus amigos *"¿Cuál es el mejor número de todos?*". "*Por cierto, solo hay una respuesta correcta*" señala *Sheldon*, quien termina afirmando: "*El mejor número es el 73"*.

Sheldon Cooper, al explicarle a sus amigos, argumenta: "*El 73 es el vigésimo primer número primo. Al invertir sus cifras obtenemos 37, que es el primo número 12. Y al invertir este obtenemos 21, que es el producto de 7 y 3"*. Esta aseveración tan tajante dejó su huella en Pomerance, por lo que el experto matemático no dudó en comprobarlo por sí mismo llegando a la conclusión de que el enunciado era correcto.

Motivado, Pomerance quiso profundizar en el tema para comprobar si existían más "*números primos de Sheldon*", pero para sorpresa del investigador resultó que **el 73 era el único número primo** que cumplía con todos los preceptos descritos por el personaje interpretado por el actor Jim Parsons, quien por cierto nació en 1973.

Tras cinco años de investigación, Christopher Spicer y Carl Pomerance hicieron oficial su investigación sobre los **números primos de Sheldon** en un artículo que se publicó en la revista científica *American Mathematical Monthly*, en la que se describe que, hasta la fecha, no existe un número inferior a 10^{45}, aparte de 73, que cumpla con la descripción que *Sheldon Cooper* enunció en el episodio 73 de The Big Bang Theory.

El **descubrimiento de la Conjetura Sheldon** llegó a oídos de David Saltzberg, físico y asesor científico de la serie "The Big Bang Theory", que quiso homenajear a los matemáticos que hicieron el descubrimiento escribiendo los cálculos de la demostración en una de las pizarras que *Sheldon* acostumbraba a usar en la serie. De esa forma, se cierra uno de los posibles muchos círculos entre la serie de ficción y un descubrimiento matemático real.

Reflexiones

"Si la inspiración no viene a mí salgo a su encuentro, a la mitad del camino".

SIGMUND FREUD (1856-1939)

Médico neurólogo austriaco de origen judío, padre del psicoanálisis y una de las mayores figuras intelectuales del siglo XX.

"Gran ciencia es ser feliz, engendrar la alegría, porque sin ella toda existencia es baldía".

RAMÓN PÉREZ DE AYALA Y FERNÁNDEZ (1880-1962)

Escritor, columnista, político y embajador español.

Los Grandes Matemáticos

Jan-Karel della Faille

(1597-1652)

Nació el 1º de marzo de 1597 en Amberes, Bélgica; y falleció el 4 de noviembre de 1652 en Barcelona, España.

Fue un jesuita flamenco y fue el primero en determinar el centro de gravedad del sector de un círculo.

Jan-Karel della Faille o **Jean-Charles de La Faille** nació como miembro de una familia aristocrática rica de comerciantes de Amberes quienes fueron jesuitas. Su padre fue Jean-Charles de La Faille, Señor de Rymenam, mientras su madre fue Marie van de Wouwere. Charles, el personaje a quien se le dedica esta reseña biográfica, ingresó a la escuela Jesuita de Amberes, adjunta a la Orden Jesuita, el 12 de septiembre de 1613. Él permaneció dos años en el Colegio Jesuita en Malines antes de regresar a Amberes. De La Faille se convirtió en un discípulo de *Saint-Vincent*, con quien se encontró en Amberes, donde también recibió la influencia de *François d'Aguilon*. En 1620 fue a Francia para obtener un grado en teología en Dôle y en enseñanza de las matemáticas. De La Faille enseñó en el Colegio Jesuita de Lovaina desde 1626 hasta 1628 cuando, después de una corta estancia en Lier, viajó a España el 23 de marzo de 1629 donde fue nombrado como profesor en el Colegio Imperial de Madrid.

Felipe IV se había convertido en rey de España y Portugal en 1621. Lideró a España y Portugal en el logro de victorias hasta 1635, pero luego Francia le declaró la guerra y sufrió derrotas. De La Faille aconsejó a Felipe IV en cuestiones de defensa y de ingeniería militar durante este período. De La Faille también enseñó matemática e ingeniería militar en Madrid. Como se citó antes, él había comenzado a enseñar en el Colegio Imperial de allí en 1629 (leer referencia [2]):

> *... donde él disfrutó de una carrera como docente distinguido. Aparte de los cursos en los Estudios Reales, dio clases particulares de matemática a varios miembros de la nobleza y enseñó artes militares y fortificaciones a los pajes reales. En 1638 Felipe IV nombró a della Faille Cosmógrafo Jefe del Consejo de Indias...*

De hecho hubo 21 pajes reales. Estos jóvenes, según las cartas de De La Faille que datan de abril de 1639, *"disfrutaban sus clases"*.

En 1640 Felipe IV sufrió la pérdida de Portugal cuando esta nación declaró su independencia. De La Faille ayudó a Felipe IV, sirviendo como asesor en fortificaciones para el Duque de Alba a lo largo de la frontera hispano-portuguesa desde 1641 hasta 1644. Él escribió a un colega de los Países Bajos Españoles en 1642 (leer referencia [3]):

> *¿Es posible encontrar en Flandes algunos mapas de Portugal o de Cataluña? Estaría muy agradecido si me dices que puedo tenerlos y traerlos aquí, porque aquí sabemos muy poco acerca de este país. Veo que los mapas de Orrelius [hechos en los años de 1560] tienen muchos errores sobre Portugal y sus fronteras por lo que no me sorprende que nuestros enemigos, con fuerzas más pequeñas, están obteniendo mejores resultados que nosotros.*

Después de regresar a Madrid tras tres años de ausencia, escribió a un amigo (leer referencia [4]):

> *... ahora su majestad y sus ministros están tan ocupados con estas guerras. ... y hay semejante falta de dinero aquí que ellos ni siquiera pueden atender las demandas muy urgentes. ... He encontrado que Madrid cambió tanto que apenas lo reconozco: tal es la necesidad y la pobreza de la gente. ... Es una pena tener que ver las cosas como son: las personas que antes eran ricos están sufriendo la pobreza hoy en día, y estas guerras nos destruyen. ... Estudio muy poco, por estos tiempos no son propicios para la contemplación tranquila que requieren nuestros estudios.*

Sin embargo, pronto Felipe IV le asignó nuevas tareas (leer referencia [2]):

> *... en 1644 [Felipe IV] lo nombró preceptor de su hijo ilegítimo José Juan de Austria. Della Faille pronto se convirtió en asesor de confianza del príncipe y lo acompañó en sus campañas militares. La educación que recibió Juan José de Austria de della Faille debe haber ejercido una influencia decisiva en su interés por la ciencia moderna, porque posteriormente se convirtió en el mecenas de científicos españoles, empleando como su médico personal una de las figuras significativas en la renovación científica española, Juan Bautista Juanini.*

José Juan de Austria era hijo de Felipe IV y la actriz María Calderón. De la Faille hizo expediciones militares a Nápoles, Sicilia y Cataluña con José Juan de Austria a quien le fue dado su primer comando militar en 1647, cuando fue enviado a Nápoles para intentar controlar un levantamiento. En 1651 della Faille lo acompañó cuando él condujo el ejército contra la rebelión en Cataluña. El ejército sitió Barcelona, la capital de la provincia y en octubre de 1652 se rindió la ciudad y della Faille entró en la ciudad capturada junto con el ejército. Murió en la ciudad un mes más tarde.

Della Faille escribió *Thesesmechanicae* en 1625. Él es famoso, sin embargo, por su trabajo *Theoremata de centro gravitatis partium circuli et ellipsis*en 1632 en el cual él fue el primero en determinar el centro de gravedad del sector de un círculo. La obra fue escrita por sugerencia de Saint-Vincent (leer referencia [2]):

> *La exposición de Della Faille es rigurosamente geométrica y arquimediana, y el texto fue elogiado por el joven Huygens.*

Busard describe algunos de los resultados de della Faille en este texto (leer referencia [1]):

> *Él probó que los centros de gravedad de un sector circular, de una figura regular inscrita en él, de un segmento de un círculo, o de una elipse se encuentran en el diámetro de la figura. Estos teoremas se basan en un postulado de Luca Valerio, De centro gravitatissolidorum (1604). ... La Faille terminó su labor con cuatro corolarios los cuales revelaban su objetivo final: un examen de la cuadratura del círculo.*

Uno de los amigos personales y científicos de della Faille fue *van Langren*. Michael Florentius van Langren (1600-1675) fue un ingeniero y cartógrafo empleado como matemático y cosmógrafo real por el rey de España. Van Langren determinó la longitud mediante el estudio de las fases de la luna y propuso su solución para el premio ofrecido por España para quien resolviera el problema de la longitud. De La Faille apoyó la solución de *van Langren*del problema de la longitud pero no llegó a ninguna decisión sobre la concesión del premio (leer referencia [2]):

> *En las cartas de della Faille a van Langren se puede apreciar la amplitud de sus intereses científicos y la atención y el espíritu crítico con el cual él siguió el progreso de las matemáticas, astronomía, geografía, cartografía y filosofía natural.*

A petición de su familia, el pintor belga Anthony Van Dyck pintó un retrato de della Faille. En este famoso retrato, della Faille está vestido con hábito religioso y se le representa con sus instrumentos matemáticos: un compás, un cuadrado y un globo...

Referencias.-

1. H L L Busard, Biography in *Dictionary of Scientific Biography* (New York 1970-1990).

Libros:

2. M Feingold, Jean-Charles della Faille, in *Jesuit Science and the Republic of Letters* (MIT Press, 2003), 339-340.
3. G Parker, Maps and Ministers, in D Buisseret (ed.), *Monarchs, Ministers, and Maps: The Emergence of Cartography as a Tool of Government in Early Modern Europe* (University of Chicago Press, 1992), 124.
4. L K Stein, *Songs of Mortals, Dialogues of the Gods: Music and Theatre in Seventeenth-century Spain (*Oxford University Press, Oxford, 1993),

Artículos:

5. H P van der Speeten, Le R P Jean Charles della Faille, de la Compagnie de Jésus, *Collection de PrécisHistorique***3** (1874), 77-83, 111-117, 132-142, 191-201, 213-219, 241-246.
6. I Vázquez Paredes, Geometric analysis of design of stones and arches in the architectural treatise of Jean Charles de La Faille (Spanish), *Publ. Sec. Mat. Univ. Autònoma Barcelona***20** (1980), 61-6

Versión en español por R. Ascanio H. del artículo en inglés de J. J. O'Connor y E. F. Robertson sobre "Jan-Karel della Faille" (Diciembre 2008).

FUENTE: MacTutor History of Mathematics. [http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/La_Faille.html].

MODELO ENDOCRÍTICO

APROXIMACIONES TEÓRICO-METODOLÓGICOS DEL PENSAMIENTO MATEMÁTICO. (Parte VIII y última).

CAPÍTULO VII. CONSIDERACIONES INTERPRETATIVAS.

Por: DR. PEDRO ANGULO LANDAETA
(pjoseangulo@yahoo.com)

Tomado de:
Modelo Endocrítico. Aproximaciones teórico-metodológicos del pensamiento matemático. CAPÍTULO VII. CONSIDERACIONES INTERPRETATIVAS. Pp. 190-195. Universidad de Carabobo. Valencia, junio de 2012.

CAPÍTULO VII
CONSIDERACIONES INTERPRETATIVAS

El interés doctoral del presente estudio no fue perfilado hacia la indagación de corte cuantitativo sobre muestras representativas, ni tampoco se consideró en generalizar aspectos educativos con las cuales vinculara explicaciones de carácter causa-efecto. Ciertamente, el estudio utilizó indicadores clásicos basados en puntuaciones de mediciones y tratamiento estadístico; pero también, se atendió aquellas voces preocupadas por la calidad del aprendizaje matemático en su contexto de actuación particular.

De allí que, surgieron pistas para comprender la naturaleza de dicho comportamiento y en función de ello la reflexión estuvo centrada en el asunto, lo cual condujo al docente investigador a proponer elementos teórico-metodológicos como insumo innovador del hecho educativo que implicó generar prácticas escolares diferentes en la labor educativa convencional.

Las perspectivas del estudio redimensionó y situó los términos: explicar por comprender los fenómenos educativos de la Matemática escolar, generalizar por entender los comportamientos sociales en el contexto de actuación y el enfoque de variables causa-efecto por interpretar supuestos de significados sentido-utilidad en la vida de los actores educativos.

Pues bien, *la compresión se basó en entender e interpretar la actuación de los estudiantes* en correspondencias con los hechos observados, los procesos introspectivos anunciados por la voz propia de los estudiantes y las conexiones existenciales intuidas por el docente investigador a luz de la experiencia vivida; en este sentido, de forma prudente y audaz se reportan:

1.- El constructo espacio vital quedó caracterizó en el número de estudiantes, frecuencia de la interacción educativa e intensidad del tratamiento didáctico, de donde, el docente investigador apreció notablemente su influencia en aspectos tales como: calidad académica sobre los contenidos tratados, dedicación en el trabajo escolar, el mediar dimensionó los ambientes académicos en espacios enriquecedores de construcciones sentido-utilidad y los proyectos triviales se direccionaron en comunidades científicas comprometidas con los desafíos temporales.

Otro punto esencial, se evidenció en que *dicha influencia no fue proporcional*, su desenlace socioepistemológico siguió patrones de comportamientos no lineales pero en el seno de su desarrollo siempre se pudo notar la existencia de estructuras disipativas equivalentes a **señales de alarmas,** que sólo son posibles detectarlas y reconducirlas mediante el empleo de técnicas cualitativas, las cuales ofrecieron informaciones potencialmente oportunas en la reconducción de proceso educativo estimado o deseado.

Esto no significa que, se descartan por completo los diseños de corte cuantitativo; estas formas de proceder, se basan en patrones regulares de eventos lineales sobre situaciones antropológicas no lineales; sin embargo, la naturaleza de sus datos suministra pistas que podrían orientar la sensibilidad del hecho cualitativo para complementar el proceso indagatorio.

Porque, el fin ulterior de toda investigación educativa no se centra en reportar aspectos concluyentes para generalizar en poblaciones estudiantiles, más bien de lo que se busca es encontrar la compresión del comportamiento con el objeto de acompañar y asistir los aprendizajes de los estudiantes. Consecuentemente, los constructos sujeto-mundo-escolar, contexto de significación y proyectos fracturaron las creencias educativas basadas en valores suprasensibles y la relación de conocimiento sujeto-objeto, las cuales en el curso de la investigación el autor apreció que se reestructuraron bajo un modelo emergente existencial arraigado en la dimensión vivencial del contexto objeto de compresión.

2.- La expectativa indagatoria operacionalizada en mejorar la dimensión de la calidad del aprendizaje sobre los contenidos en la asignatura Transformadas Integrales y de refundar la Sociedad del Conocimiento en escenarios educativos ***se impulsó y se consolidó favorablemente***; desatancándose que, los límites de los alcances académicos traspasó las metas originales de la investigación, porque los estudiantes se encaminaban en aprender cada vez más con actitudes emprendedoras; igualmente, involucraron al investigador en tal propósito.

Y, en la búsqueda de la Sociedad del Conocimiento los tópicos de intra, inter y transdisciplinario desempeñaron un papel determinante y decisivo, porque los estudiantes formaron equipos multidisciplinarios entre ellos, además, convocaron el concurso de voluntades académicas para integrar grupos de investigadores con actitud crítica frente a las soluciones emitidas.

3.- El análisis estadístico paramétrico para diferencias de medias reveló cambios sustanciales en la forma de desarrollar contenidos matemáticos, las cuales se interpretaron como hallazgos de influencias positivas y promisoras en el tratamiento didáctico del Modelo Endocrítico. En virtud que, al grupo experimental, objeto de compresión, obtuvo datos sensiblemente significativos con respecto a los demás grupos (grupo control), entre los cuales se destacan:

- La media aritmética del grupo experimental resultó significativamente superior con respecto a la media aritmética del grupo control. Probablemente, los elementos teórico-metodológicos propuesto por el Modelo Endocrítico innovó y renovó su efecto de incidencia positiva en los tratamientos didácticos impartidos al grupo experimental.
- La media aritmética del grupo experimental fue de 14pts y la del grupo control mostró la puntuación de 04pts.
- El indicador prosecución sobre paso los límites esperados por el docente investigador, porque todos los estudiantes que conformaron el grupo experimental aprobaron; además, el autor hizo un seguimiento de sus desempeños académicos en cual reveló que en las asignaturas de redes y teoría de señales también aprobaron. Mientras que, en el grupo control el índice de aplazados se ubicó en 82,5% y en las asignaturas redes y señales tan solo un (1) estudiante aprobó.

El estudio iluminó algunos elementos categóricos (*la interpretación del estudiante en la figura sujeto-mundo-escolar y los montajes de proyectos como tesis de los antecedentes -contextos de significaciones-*) que permitió comprender al proceso de aprendizaje como un diseño humano constructor de responsabilidad compartida sobre *significados existenciales,* las cuales se activan en el momento que los actores educativos se ubican y visualizan proyectos humanos en su contexto social, ***darse cuenta***.

Más aún, se infiere que el nivel cognitivo es un operador distintivo entre los actores educativos, posiblemente, funciona como un llamado de atención en el darse cuenta sobre la película hermenéutica del proceso existencial. Toda esencia está precedida por una existencia, por lo tanto el nivel cognitivo como proceso está subordinado a otro proceso que da cuenta de la dinámica del existir: la arquitectura de los significados arraigada a los sentidos y las proyecciones de esos sentidos en el vivir.

El aprendizaje es posibilidad de cambio convertido en proyecto y la enseñanza un medio que puede facilitar y mediar en ese proyecto. En conjunto, constituyen una gran obra humana para educar, pero también reporta un proceso antropológico no lineal en cuyo seno demanda guías de esfuerzos y voluntades para desarrollar lo humanos en los actores educativos y en razón a ello ***actuar educadamente*** en el umbral de los acontecimientos del convivir social que ofrece el contexto de la Matemática escolar.

Por otra parte, la evidencia empírica tuvo consecuencias positivas con respecto a la propuesta de los elementos teórico-metodológico del Modelo Endocrítico, pero el docente investigador sugiere ser crítico y acucioso con los resultados apreciados en el contexto de actuación, porque se pretendió comprender al estudiante a través de la exposición de textos comunicados en su ecología de vida escolar, con la esperanza de ofrecerle contextos de significación basados en elementos teóricos innovadores para acompañarlo y apoyarlos en procesos renovados de enseñanzas y aprendizajes, de forma tal que logren ***aprender a aprender del saldo aprendido y que crean un espacio de independencia cognitiva*** frente a los desafíos intelectuales de la vida social.

En cierta forma, es una relación humana de consensos compartidos, a saber, la educación debe ser un proceso que permita desarrollar la plenitud de **lo humano** y, en cuya realización los proyectos deben converger a montajes conceptuales de la mano con el progreso científico que marca la temporalidad del ahora en el vivir, pero también, es unión y tolerancia en búsqueda de felicidad entre los humanos.

Más explícito, la conciencia es intencional y su educabilidad es una obra que pudiera ser construida en el aula y con la Matemática escolar. Para los fines de este trabajo indagatorio se postula al aprendizaje como una vía hacia lo posible; *es educativa* cuando en sus estudiantes anuncian proyectos cargados de sentido de pertinencia social bajo un desarrollo de relaciones humanas armónicas.

El docente investigador está plenamente convencido de la potencialidad del modelo como propuesta de cambio que puede forjar innovaciones, igualmente estima al conocimiento matemático como un lenguaje de transformación que puede generar, transferir y utilizar estructura compleja a los fines de dar sentido-utilidad al existir de los estudiantes.

Su materialización está precisamente del qué, cómo y para qué utilicemos los contenidos de la Matemática escolar en función de crear contextos de significación como espacio axiológico de reflexión del porqué, para qué y hacia dónde; básicamente, el asunto nos obliga a nosotros los educadores en plantar innovaciones teórico-metodológicas para caminar y construir proyectos con nuestros estudiantes, tal vez no sea la panacea a nuestros problemas educativos, pero sin lugar a duda, es una alternativa de alianza estratégica con nuestros estudiantes que reclaman conciliación, tolerancia y acompañamiento en la vida.

INVENTAR O DESCUBRIR: CONSTRUCTO EPISTEMOLÓGICO EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA. (Parte IV).

Por: YHOUREZKA MENDOZA
(Profyhoureskamendozam@hotmail.com)

Tomado de:
Inventar o descubrir: constructo epistemológico en educación matemática. CAPÍTULO III. Marco metodológico. Pp. 82-99. Tesis de Maestría.Universidad de Carabobo. Facultad de Ciencias de la Educación. Bárbula, Agosto 2015.

Índice:

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

En este punto de la indagación se desarrollaron las orientaciones metodológicas, las cuales sirvieron de guía para la misma. Dicho capítulo está constituido por el enfoque, la matriz epistémica, el método y diseño empleado para el estudio, así como las fuentes documentales que sirvieron de evidencia, además de los sujetos de investigación. Así mismo, se exponen las técnicas e instrumentos de recolección de la información, los criterios de rigor científico (verdad, aplicabilidad, consistencia y neutralidad) y las orientaciones para la recolección, tratamiento y presentación de la información.

Enfoque Epistémico

De acuerdo al planteamiento del problema, siguiendo diversos criterios para este estudio y teniendo muy claro el propósito de la investigación la cual consiste en formular los fundamentos teóricos que explican la relación que hay entre la Invención y el Descubrimiento como constructo epistemológico en Educación Matemática, la misma se enmarca bajo una modalidad cualitativa, por cuanto la misma no sólo se basó en contenidos de orden teórico, en los cuales se reflejaron posiciones coincidentes y contradictorias de los tópicos analizados, sino que además se realizaron descripciones a partir de cuestionarios y entrevistas grabadas.

Para efectos del presente trabajo, el carácter cualitativo de la investigación según Martínez (2006), "se basa en identificar, básicamente, la naturaleza profunda de las realidades y su estructura dinámica; aquella que da razón plena e intenta implicar sus manifestaciones como un todo integrado. Fundamentos que responden la pregunta objeto de investigación". (p. 66)

La investigación bajo este tipo de enfoque busca comprender los diferentes aspectos del comportamiento humano, y los motivos que lo presiden, para ello requiere de un profundo análisis y entendimiento del fenómeno educativo hasta llegar a un cuerpo organizado de conocimientos. Para Strauss y Corbin (2002), este modelo de indagación se refiere aquel que produce descubrimientos a los que no se llega por medio de procesos estadísticos y otras formas de cuantificación. (p.11)

En este sentido, se interpreta la información recogida desde los distintos significados de los informantes implicados, sus creencias, intenciones, motivaciones y otras características del proceso educativo no observables directamente, ni susceptibles de experimentación.

Por consiguiente, este tipo de investigación involucra fuentes como documentos, textos, entrevistas, cuestionarios, cintas de videos, impresiones del investigador y sus reacciones para entender el fenómeno cultural y social (Strauss y Corbin, 2002). (p.12)

Es oportuno señalar, la importancia que los sujetos participantes le dan a las acciones y sucesos que constituyen la trama de su vida cotidiana, siendo este uno de los principales intereses de la investigación cualitativa. Es así, como a través de este enfoque se busca comprender el significado que los estudiantes y docentes poseen acerca de los términos invención y descubrimiento en Educación Matemática.

Matriz Epistémica

El estudio se encuentra enmarcado dentro de la matriz epistémica fenomenológica.

Según Martínez (2006), la matriz epistémica es el trasfondo existencial y vivencial, el mundo de vida y a su vez, la fuente que origina al mundo general del conocer, propio de un determinado período histórico – cultural y ubicado dentro de una geografía específica, y en esencia, consiste en el modo peculiar que tiene un grupo humano de asignar significado a las cosas y a los eventos, es decir, en su capacidad y forma de simbolizar la realidad. (p.39).

Es en este sentido que, la fenomenología va más allá de describir la realidad del sujeto, sino que más bien genera una postura de interpretación y comprensión desde el punto de vista de la persona que vivió el fenómeno, es decir, busca esclarecer lo oculto en la conciencia del mismo sin excluir nada. Ya que a ésta corriente lo que importa son las vivencias, como éstos las perciben y las sienten.

De acuerdo a lo expresado en líneas anteriores, la investigación bajo este enfoque "…respeta absolutamente la relación que hace la persona de sus propias vivencias, ya que al tratarse de algo estrictamente personal, no tendría ninguna razón para pensar que no vivió, no sintió o no percibió las cosas como dice que lo hizo (Martínez, 2006. p. 139).

Entonces, se podría señalar como los objetivos de este método fenomenológico, primeramente el comprender los significados de los actores con respecto a procesos sociales particulares, seguidamente, el profundizar en el conocimiento de la forma cómo se experimenta la vida social a partir de describir los diversos contextos y situaciones; e identificar aspectos relativos a los valores, las motivaciones, y las acciones que se manifiestan en las prácticas colectivas y, por último, relacionar e interpretar los modos de hacer con sus diferentes significados en el contexto situacional en el cual se producen (Delgado, 2006). (p.60)

En consecuencia, esta técnica fue la estrategia de acción para lograr el propósito del estudio el cual fue, analizar la Invención y el Descubrimiento como constructo epistemológico en Educación Matemática, a partir de una descripción y comprensión de las vivencias personales y académicas de cada uno de los informantes.

Método de la investigación

El método es grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio, lo cual significa, el plan global de indagación que integra de manera coherente todos los elementos del marco metodológico.

Para el caso de este estudio el método de la misma, se refiere a uno de carácter fenomenológico, ya que describe y analiza ideas, significados y conocimientos, acerca de la invención y el descubrimiento, plasmados no sólo en documentos sino en los experimentados, vividos y advertidos por el hombre, creando así un enlace conceptual existente en ambos términos, en el ámbito de la investigación en Educación Matemática.

La base de la fenomenología es que existen diversas formas de interpretar la misma experiencia, y que el significado de la experiencia para cada participante es lo que constituye la realidad (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, p. 712).

Desde este punto de vista, el de la fenomenología, explora las experiencias de las personas, pretendiendo percibir la forma en que éstas experimentan su vida y los significados que les atribuyen, esto a través de diversos medios de comunicación, sea oral o escrito, logrando de esta manera un acercamiento al fenómeno, utilizando así todas y cada una de las manifestaciones que se dan en la conciencia de cada ser, apelando a la descripción inmutable, independiente de prejuicios y valoraciones subjetivas. Es por ello que la fenomenología trata de ir más allá de lo aparente, de lo obvio a los ojos del espectador.

La fenomenología se fundamenta en las siguientes premisas (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, p. 712-713):

- “En el estudio, se pretende describir y entender los fenómenos desde el punto de vista de cada participante y desde la perspectiva construida colectivamente”.
- “El diseño fenomenológico se basa en el análisis de discursos y temas específicos, así como en la búsqueda de sus posibles significados”.
- “El investigador contextualiza las experiencias en términos de su temporalidad (tiempo en que sucedieron), espacio (lugar en el cual ocurrieron), corporalidad (las personas físicas que la vieron) y el contexto relacional (los lazos que se generaron durante las experiencias)”.

Asumir esta metodología, permitió a la investigadora reflexionar de forma fundamentada, adquiriendo una representación más aproximada de la realidad basándose en fuentes bibliográficas que hacen posible el análisis de los conceptos que posteriormente ampliaron la concepción investigativa en Educación Matemática.

Diseño de la investigación

Partiendo del primer y segundo objetivo que describe “Identificar los principios de la Invención” y Reconocer “los elementos que fundan el Descubrimiento”, se abordó haciendo uso del arqueo documental, el cual se basó en una revisión bibliográfica del estado del conocimiento con apoyo principalmente de trabajos previos e información divulgada por medios impresos, audiovisuales y electrónicos, con el fin de integrar organizar y evaluar la información teórica existente sobre el problema de estudio. Este último, permitió abordar de la misma manera el tercer y cuarto objetivo que es “Distinguir los términos Invención y Descubrimiento como base fundamental de la Educación Matemática”. Y “Desvelar la relación que existe entre la Invención y Descubrimiento elementos explicativos de los contenidos curriculares en Educación Matemática”.

La investigación se asumió a través de la metodología descrita en el método fenomenológico (Martínez, 2006, p. 140), el cual sirvió de guía durante todo el proceso investigativo, dándole sentido al propósito de estudio. Este diseño comprende 4 etapas:

Etapa previa:

- *Clarificación de los presupuestos*

En este primer momento se muestra la información facilitada por el individuo de acuerdo a todos los puntos de vista a los cuales se tenga acceso. En esta etapa se hicieron apreciaciones sobre el tema objeto de estudio y como éste puede influir en el proceso de investigación. En esta fase se definió y delimitó el problema de investigación, los objetivos, el marco referencial y el metodológico.

Se llevó a cabo una aproximación al tema general de a través de la revisión de trabajos de investigación que antecedieran la situación, con el fin de identificar qué aspectos se habían trabajado y la orientación de éstos. La información obtenida permitió definir y delimitar el problema de investigación y los objetivos, así como la elaboración del marco teórico y referencial.

En esta etapa se hizo necesario que la investigadora tuviera clara conciencia de sus prejuicios y preconceptos, producto de su propia experiencia y construcción de la realidad sobre la invención y el descubrimiento para evitar hacer juicios de valor sobre el tema tratado.

Etapa descriptiva:

El propósito de esta etapa fue lograr una descripción del fenómeno en estudio que resultara lo más completo y no prejuiciado posible y que reflejara la realidad vivida por cada sujeto en relación a la invención y el descubrimiento; su mundo y su situación. Consto de tres pasos:

- *Elegir la técnica o procedimiento apropiado*

Este primer paso en esta etapa se consideró el más apropiado para la recopilación de los datos, que llevado a la práctica se realizó mediante la aplicación de diversas técnicas, entre las que se destacan: la entrevista y el cuestionario: se realizó una guía de preguntas las cuales fueron tratadas durante la investigación y que sirvieron para recoger las informaciones sobre la cual se hizo luego la descripción protocolar.

- *Realizar y aplicar los instrumentos*

Para la elaboración de este segundo paso fue necesario aplicar el procedimiento seleccionado para recabar la información, realizar las entrevistas y cuestionarios pertinentes, ver todos los datos, la gran variedad o complejidad. Absteniéndose de sus deseos, miras, sentimientos, que pudieran afectar la investigación durante la aplicación de las técnicas.

- *Elaborar la descripción protocolar*

Este paso tuvo como fin reflejar el fenómeno o la realidad tal cual como se presentó, evitar ideas o prejuicios propios del investigador, ya que, todas las etapas posteriores se apoyaron en los “protocolos” producidas por la descripción fenomenológica, la cual puedo constar de relatos escritos y grabaciones de audio.

Etapa Estructural:

En esta etapa la investigadora estudio detenida y detalladamente las descripciones previamente realizadas, consto de seis pasos que están tan unidos y enlazados los cuales es casi imposible separarlos por completo:

- *Lectura general de la descripción de cada protocolo*.

Su esencia fue realizar una visión de conjunto para lograr una idea general del contenido que hay en el protocolo.

- *Delimitar las unidades temáticas naturales.*

Este paso consistió en pensar y meditar de forma lenta cada protocolo para percatarse del posible significado que pudiera tener.

- *Determinar el tema central de cada unidad temática.*

Se simplifico así su extensión y la del protocolo, se aclaró y se elaboró su significado, conservando el lenguaje propio del sujeto.

- *Expresar el tema central en lenguaje científico.*

La investigadora reflexionó acerca de los temas centrales a las que fueron reducidas las unidades temáticas (que todavía estaban escritos en el lenguaje concreto del sujeto – expresando su contenido en el lenguaje técnico o científico).

- *Integrar todos los temas centrales en una estructura particular descriptiva.*

Se describió la estructura básica de las relaciones del fenómeno investigado.

- *Integrar todas las estructuras particulares en una sola estructura general.*

En este paso se describió de forma exhaustiva, la riqueza del contenido de las estructuras identificadas en los diferentes protocolos.

- *Entrevista final con los sujetos estudiados.*

Consistió en realizar una o varias entrevistas con cada sujeto para darle a conocer los resultados de la investigación

Discusión de los resultados:

- *Contrastación y teorización.*

Técnica para medir un fenómeno y determinar su significado, fue necesario partir de una descripción cuidadosa y detallada del fenómeno o de las acciones de los sujetos, tomando en cuenta la vinculación con el contexto. Todas y cada una de ellas reflejaron los pasos que deben seguir de manera rigurosa para obtener las informaciones necesarias, precisas y concisas que permitan el buen desarrollo de la investigación.

En síntesis, se parte de la descripción del fenómeno, donde se describe su naturaleza con toda su riqueza sin omitir detalles. Luego, se procede a la búsqueda de múltiples perspectivas, donde no solamente se toma en cuenta las opiniones de los sujetos de estudio, sino también la visión del fenómeno por parte de agentes externos o personas involucradas, además de su propia opinión sobre el fenómeno; seguidamente, está la búsqueda de la esencia y la estructura, donde se organiza la información a través de matrices para ser contrastada de manera que emerjan las semejanzas y diferencias sobre el fenómeno de estudio. Asimismo, se tiene la constitución de la significación, que los sujetos de estudio tienen con respecto al fenómeno. Y por último se tiene la interpretación del fenómeno, el cual permite comprender la realidad de estudio.

Fuentes de Evidencia

Este punto de la investigación, se refiere a lo las diversos medios de obtener la información.

En concordancia con lo anterior, la fuente de evidencia que permitió analizar la relación que hay entre la invención y el descubrimiento en Educación Matemática, fue: la *entrevista semiestructurada* la cual se le aplicó a tres (03) docentes: dos (02) de matemática y uno (01) de física, en dos ambientes educativos, uno el colegio Ramón Pierluissi Ramírez y el Instituto Experimental Simón Bolívar APUCITO, y en los cuales imparten dichas asignaturas, y a ocho (08) profesores universitarios de educación mención matemática, de la Universidad de Carabobo, para luego contrastar la información obtenida con la extraída en el ámbito documental en donde se consultaron diferentes fuentes bibliográficas tanto físicas como electrónicas (libros, tesis, revistas, monografías, entre otros). Todo esto con la finalidad de identificar el desconocimiento que, se presume, poseen acerca de los términos invención y descubrimiento, por cuanto estas técnicas permitieron recabar todos aquellos datos necesarios para medir el grado de relación existente entre la invención y el descubrimiento en Educación Matemática.

La entrevista semiestructurada, permitió obtener información a través del diálogo e interacción. La cual se centró en indagar y recoger datos de orden subjetivo, en las que conocieron el porqué de ciertas actitudes, creencias, opiniones, sentimientos, valores y conocimientos de los entrevistados. Por lo que la misma, sirvió como referente para la búsqueda de aspectos que no se lograron visualizar fácilmente.

Como refiere Buendía, Colás y Hernández (1998) "La entrevista semiestructurada es aquella, que se estructura en categorías y subcategorías, que le permite a los investigadores moverse del guión inicial para conseguir la mejor caracterización de la tradición; ésta por su carácter flexible y abierto permite una continua retroalimentación entre el entrevistado y el entrevistador, cambiar el orden y la forma de preguntar, lo que facilita profundizar con plena libertad, para el logro de los objetivos investigativos. (p 213). En este sentido, la misma, permite conseguir información valiosa sobre las experiencias de los sujetos a través de sus narraciones verbales espontáneas, en un encuentro reiterado, dirigido hacia la comprensión de las perspectivas, tal como las expresan con sus propias palabras sin omitir ningún tipo de juicio.

Yuni y Urbano (2005), expresan que: La entrevista semiestructurada se refiere al aprendizaje sobre acontecimientos y actividades que no se pueden observar directamente. Los informantes actúan como observadores del investigador, son sus ojos y oídos, en el campo. El rol de los informantes no está solamente en mostrar el mundo como ellos lo ven, sino como las personas observadas lo perciben. Además, tiene la posibilidad de que el informante presente un cuadro amplio de escenarios, situaciones o personas que estaban en los hechos vividos por él. (p. 247)

En la investigación, la entrevista surgió de la necesidad de obtener más detalles sobre los elementos teóricos que sustentan la relación entre la invención y el descubrimiento en Educación Matemática, además de alcanzar el máximo provecho en función de aclarar datos que no se habían podido recabar. Se aplicó a profesores de matemática y física, ciencias que involucran los términos antes mencionados. De la misma forma, fue útil en la revisión de las propias interpretaciones, percepciones y para develar otras visiones del caso.

Por otra parte, la observación documental, también empleada en la investigación, refiere a aquellas en las que el investigador obtiene los datos de diferentes documentos.

Ander Egg, (1980) expresa al respecto: "Se trata de informaciones, documentos escritos, estadísticas, mapas, periódicos, obras literarias, etc. Recogidos y elaborados por distintas personas u organizaciones o instituciones que se utilizan con un objetivo determinado en la investigación…". (p. 273).

Esta revisión documental, consistió en una estrategia básica de la investigación. Primordialmente se manejaron los siguientes libros: "Antología de Matemáticas", "Diccionario de Filosofía", "Matemática del siglo XX", "Matemáticas y Matemáticos", revistas como "Matemática ¿Invención o Descubrimiento?", entrevistas relacionadas con la temática, tesis doctorales, de maestría y de pregrado que sirvieron como soporte de la búsqueda. Además, de archivos de datos documentales o estadísticos, investigaciones realizadas sobre el tema, publicaciones científicas, anuarios, entre otras. Se mantuvo una actitud crítica para establecer la veracidad de estas fuentes documentales, a través de: la validez, autenticidad y significación de los documentos.

Ahora bien, entre los recursos materiales que se emplearon en cuestión están: el cuestionario, el grabador para la entrevista, las fichas bibliográficas, citas textuales, la observación documental, el resumen analítico y el análisis crítico, para el caso del análisis documental.

Según Arias, (2012) un medio de recolección de datos “es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener o almacenar información” (p. 69).

Tomando como guía del proceso a los objetivos del estudio, la técnica general de recolección de datos utilizado, fue la triangulación, para confirmar los resultados y efectuar validación cruzada entre datos cuantitativos y cualitativos para tomar las ventajas de cada método y disminuir las debilidades y las grabaciones. Según Martínez (2006), señala que la triangulación permitirá facilitar el proceso de corroboración estructural, a través de diferentes fuentes de datos, de diferentes perspectivas teóricas, de diferentes observadores, de diferentes procedimientos metodológicos entre otros. (p. 88)

Sujetos de Estudio

En la presente investigación se seleccionó, a través de un muestreo no probabilístico de manera intencional u opinático, cuyos informantes clave fueron 03 profesores del U.E Instituto Educacional Simón Bolívar “APUCITO” y 03 profesores de la Unidad Educativa Ramón Pierluissi Ramírez, los cuales imparten las asignaturas de matemáticas y Física respectivamente, y 08 profesores de matemática de la Universidad de Carabobo.

Dicha muestra, fue establecida por la autora de la indagación, de tal manera que los sujetos a investigar dominaran la información correspondiente a invención y descubrimiento en Educación Matemática, por lo que los mismos cumplían las características primordiales para participar en el estudio, por tanto cada docente trabaja en la mencionada institución y existía un nexo laboral debido a que son compañeros de trabajo de la investigadora.

Según Arias (2012), define el muestreo no probabilístico de manera intencional u opinático, al proceso en el cual los elementos son escogidos con base a criterios o juicios preestablecidos por el investigador. (p. 85).

En este orden de ideas, la muestra de carácter finita, determinada y accesible se conformó por 14 personas, distribuidos de la siguiente manera:

INSTITUCIÓN	SUJETOS	CARGO	SEXO
U. E. Ramón Pierluissi Ramírez	02	Docentes de Matemática	F
	01	Docente de Física	M
U. E. Instituto Educacional Simón Bolívar “APUCITO”	02	Docentes de Matemática	F
	01	Docente de Física	M
Universidad de Carabobo	02	Docentes de Matemática	F
	06		M

Cuadro # 01 Muestra Intencional

Es importante señalar, que siendo una investigación cualitativa los informantes clave estaban ligados al medio o al fenómeno estudiado pues son ellos quienes facilitaron a la investigadora la información pertinente. Es oportuno resaltar, que la participación fue libre, voluntaria, consentida, anónima y confidencial (Ver Anexo A). Además, no se puso en riesgo la integridad física, moral y psicológica de los participantes. También, se contó con el trabajo como observadora de la investigadora.

Criterios de Rigor Científico

En la investigación cualitativa, existen una serie criterios de rigor científico que permiten evaluar o valorar la calidad del trabajo que se ha desarrollado, propio del enfoque empleado en la indagación, dándole de esta manera la validez y confiabilidad pertinente. En el presente estudio se tomó en consideración las preocupaciones fundamentales planteadas por Lincoln y Guba (citados en Rodríguez, Gil y García, 1996, p. 286). Los cuales son:

-Valor de verdad: se refiere a la veracidad de la información recogida por el investigador y a la credibilidad o compatibilidad entre los resultados del estudio y los puntos de vista de los informantes clave. Esto se logró a través de la descripción fiel del fenómeno, desde las entrevistas sin manipular la información suministrada por los sujetos involucrados, además de la triangulación de los participantes y documental teórica, la recogida de material referencial y la comprobación con los participantes.

En el estudio, se trabajó siempre el fenómeno respetando los contextos y sus relaciones, todo de una manera intersubjetiva, global y lo más natural posible entre el investigador y el informante. Además se realizó la triangulación entre participantes y la revisión de fuentes documentales lo que permitió una mayor veracidad de la información. Sin embargo, en busca de un mayor grado de confianza, los sitios de las entrevistas fueron acordados por los informantes. Asimismo, los informantes clave pudieron revisar lo registrado en las descripciones protocolares y los comentarios escritos por el investigador lo que permitió corroborar lo dicho o añadir comentarios que se ajustaran a la realidad expuesta por los informantes.

- Aplicabilidad: tiene que ver con el grado de transferibilidad de los resultados obtenidos en otros sujetos y contextos, siempre y cuando exista cierta semejanza entre los contextos. Esto se logró mediante el muestreo teórico y una descripción exhaustiva realizada simultáneamente con las entrevistas. Lo que permitió indagar y repreguntar para corroborar la información que suministraron los sujetos de estudio y de esta manera establecer una similitud entre los contextos.

En la presente investigación, se buscó a través de las preguntas a los informantes clave, y una descripción de los hechos, extraer información coincidente contextualmente, y de esta manera corroborar las categorías esenciales del fenómeno surgidas en las entrevistas, cuestionarios y la revelada en la teoría, todo esto a través del análisis comparativo de los datos.

- Consistencia: hace referencia a la posibilidad de que al repetir el estudio en otro momento con los mismos o similares sujetos y contextos se pueda obtener los mismos resultados. Esta se consigue a través de la revisión de los observadores externos así como también delimitando el contexto físico y social en el que realice la investigación.

Esto se logró, mediante la triangulación de sujetos u observadores, pues se acudió a tres docentes de dos instituciones diferentes y ocho profesores universitarios para verificar la información suministrada por las teorías y documentos. Las entrevistas y cuestionarios fueron primordiales y sumamente importantes para penetrar en la realidad con profundidad sin olvidar el rol del investigador. Igualmente, se identificaron y describieron las técnicas de análisis y recogida de información y se delimitó el contexto físico, social e interpersonal en el estudio.

- Neutralidad: describe el sostenimiento imparcial del investigador con respecto a la información que obtenga o a las perspectivas de cada uno de los informantes de manera tal que no interfiera con los resultados que emerjan del estudio.

Para obtener la neutralidad, y ser lo más objetiva posible, se registró la información recogida sin emitir juicios, lo más concreto posible, apartando lo que previamente se conocía de la temática o fenómeno de estudio para así no sesgar lo que emergiera del abordaje del mismo, por lo que los datos se transcribieron textualmente, se realizaron citas directas de las fuentes documentales, se triangularon los datos y se mostró la estructura categorial emergente a los sujetos involucrados con el estudio. Pero lo más importante la grabación de lo dicho por los informantes y su trascripción fue fidedigna, y fueron mostradas a los informantes.

Recolección, Tratamiento y Presentación de la Información

En esta parte de la investigación, describe brevemente el proceso llevado a cabo para lograr la indagación. Lo que requirió de un conjunto de estrategias organizadas y sistemáticas para la compresión del fenómeno. Tomando en cuenta que este tipo de investigación requiere de un proceso científico que involucra la revisión y redescubrimiento de la información y tomando como referencia el esquema metodológico de Martínez, (2006), la misma se llevó a cabo:

Primeramente, la información se recogió, a través de las entrevistas semiestructuradas realizadas a cada informante, las cuales fueron grabadas de forma mecánica mediante un aparato de audio para su posterior revisión y descripción textual. El tema de las entrevistas giró en torno a las experiencias, significados y vivencias de los sujetos de estudio en cuanto al conocimiento de los términos invención y descubrimiento en el ámbito educativo matemático.

Previamente se les participó a los sujetos de estudio sobre la grabación en audio de las entrevistas y se les solicitó un consentimiento informado, que se mantiene bajo estricta confidencialidad de la investigadora. De esta manera los individuos que participaron se sintieron más seguros y confiados. Además las entrevistas grabadas se mantienen protegidas para asegurar a los sujetos de estudio la confidencialidad de la información que suministraron. Sin embargo, están disponibles a la comunidad científica si por algún motivo lo solicitan.

A razón de lo anterior y para mantener el anonimato de los sujetos, se acordó con los mismos que durante la entrevista no se utilizaría sus nombres ni apellidos durante la entrevista ni dentro de la investigación.

Por consiguiente, se llevaron a cabo catorce (14) entrevistas semiestucturadas: tres (03) fueron dos profesores del Instituto Experimental Simón Bolívar "APUCITO" y las otras tres (03) entrevistas, a dos profesores de la Unidad Educativa Ramón Pierluissi Ramírez, ocho (08) entrevistas a los profesores de matemática de la Universidad de Carabobo. Con antelación se les informó a los sujetos de estudio qué días serían grabadas las entrevistas y qué días les serían aplicados los cuestionarios para poder almacenar de forma completa el diálogo entablado con ellos. De esta manera, las entrevistas y cuestionarios se llevaron a cabo con el previo acuerdo de los sujetos de estudio, los siguientes días, lugares y horarios:

- Entrevista N° 1: Docente (15/07/2014). Departamento de Matemática de la institución. 01:00 p.m.
- Entrevista N°2: Docente (15/07/2014). Departamento de Matemática de la institución. 2:00 p.m.
- Entrevista N° 3: Docente (15/07/2014). Biblioteca de la institución. 3:00 p.m.
- Entrevista N° 4: Docente (17/07/2014). Aula Académica de la institución. 02:00 p.m.
- Entrevista N° 5: Docente (23/07/2014). Aula Académica de la institución. 07:00 a.m.
- Entrevista N° 6: Docente (23/07/2014). Dirección Académica de la institución. 10:00 a.m.
- Entrevista N° 7: Docente (01/11/2014). Aula de Usos Múltiples, Universidad de Carabobo, FACE. 8:00 a.m.
- Entrevista N° 8: Docente (05/11/2014). Biblioteca de la Universidad de Carabobo, FACE. 05:00 p.m.
- Entrevista N° 9: Docente (08/11/2014). Aula de la Universidad de Carabobo, FACE. 08:00 a.m.
- Entrevista N° 10: Docente (13/11/2014). Cafetín de la Universidad de Carabobo, FACES. 09:00 a.m.
- Entrevista N° 11: Docente (13/11/2014). Plaza de la Universidad de Carabobo, FACE. 10:00 a.m.
- Entrevista N° 12: Docente (13/11/2014). Estacionamiento de la Universidad de Carabobo, FACE. 03:30 p.m.
- Entrevista N° 13: Docente (13/11/2014). Departamento de Matemática. 05:30 p.m
- Entrevista N° 14: Docente (17/11/2014). Cafetín del lugar de trabajo del entrevistado. 02:30 p.m.

Por la naturaleza del método, no se hizo observación directa, sin embargo los momentos de intersubjetividad entre los informantes y el investigador así como del ambiente donde se llevaron a cabo las entrevistas sirvieron como fuente para la reflexión en la acción de categorización, conceptualización y finalmente del modelo de constructo teórico presentado.

En este sentido, una vez obtenida e interpretada la información por parte del investigador; sus juicios y análisis preliminares fueron contrastados con la opinión aportada por los informantes en la entrevista, utilizando la técnica de la triangulación para ambos métodos.

Martínez (2006), señala que la categorización no es más que clasificar las partes en relación con el todo, de describir categorías o clases significativas, de ir constantemente diseñando y rediseñando, integrando y reintegrando el todo y las partes, a medida que se revisa el material y va emergiendo el significado de cada sector, evento, hecho o dato. (p. 266). En este sentido, una vez recabada toda la información es necesario traducirlos a través de categorías las cuales permitirán comparar y contrastar dichos datos para de esta manera sistematizarlos, para finalmente presentarlos teniendo un esquema o guía.

Ahora bien, para lograr la categorización, la estructuración, y posterior construcción de una aproximación teórica, se procedió a protocolizar textualmente las entrevistas grabadas de los informantes clave, sin ningún tipo de alteración. Seguidamente, se elaboró una matriz donde se presentan en su totalidad las categorías universales y las individuales. Luego se extrajo textualmente las citas que sustentaban las mismas. Y por último, se realizó la interpretación de la información surgida en el desarrollo de la investigación, tomando como sustento los estudios e ideas de otros autores que se relacionaban con la temática abordada, contrastando e interpretando en función a las mismas.

REFERENCIAS

- Ander Egg, E. (1980). "Técnicas de investigación Social" El Cid, Editora. Buenos Aires.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica*(6ta ed.).Episteme. Caracas.
- Buendía, l., Colás, P., Hernández, F. (1998). *Métodos de investigación en Psicopedagogía*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Hernández, S., Fernández, C., & Baptista, L. (2006). *Metodología de la investigación* (4th ed.). México: McGraw-Hill.
- Martínez, M. (2006). *Ciencia y arte en la metodología cualitativa: métodos hermenéuticos, fenomenológicos y etnográficos*. Editorial trillas. 2da edición. México.
- Rodríguez, G.; Gil, J.; García, E. (1999). *Metodología de la investigación cualitativa*. Málaga: Aljibe.
- Strauss, A y Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Universidad de Antioquía: Colombia.
- Yuni, J. y Urbano, C. (2005). *"Mapas y herramientas para conocer la escuela: Investigación Etnográfica e Investigación-Acción"*. 3ª.ed. Córdoba: Editorial Brujas.

Continúa en el próximo número…

APROXIMACIÓN A UNA INTERPRETACIÓN DE LA CREATIVIDAD EN EL DISCURSO DE LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA. (Parte III).

Por: Msc. HYXIA LATOUCHE

Tomado de:

Aproximación a una interpretación de la creatividad en el discurso de la educación matemática. (Parte III). Capítulo II: Marco Teórico. Pp. 20-96. Tesis de Maestría. Universidad de Carabobo. Facultad de Ciencias de la Educación (FACE). Bárbula, 2012.

Índice:

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

Antecedentes

En esta investigación, resultó pertinente indagar sobre algunos trabajos y/o publicaciones que se realizaron previas a ésta y que pudieron ser apoyo a algunas afirmaciones hechas, de las investigaciones y artículos encontrados, se seleccionaron los que se consideraron con mayor relevancia de acuerdo al aporte que éstos brindaron al presente:

Homilka y Crespo (2009), publicaron un artículo titulado Caracterización del profesor de matemática, allí afirman que pudieron notar un paralelismo entre los enfoques de la investigación en la Matemática educativa y la manera en que los docentes de matemática encaran su labor, en este proceso, no son tenidos en cuenta los cambios que está sufriendo la escuela actual, mediante la generación de una sociedad educativa, ni el diálogo necesario entre escuela y sociedad. Consideran que su reconocimiento es fundamental para lograr una reconstrucción del discurso matemático escolar.

Expresan que los profesores utilizan saberes que fueron construidos en distintos escenarios socioculturales a lo largo de su vida escolar y social. Estos saberes son resistentes al cambio en virtud de que han sido construidos de manera vivencial, sin reflexión profunda y en muchos casos sustentadas en ideas didácticas, pedagógicas relacionadas con una escuela con características muy rígidas. En muchos casos, esas prácticas se basan en un enfoque didáctico en el que la escuela y la sociedad son advertidas como dos mundos opuestos, en el que todos, los docentes, alumnos, padres y demás grupos sociales se deben adaptar a las reglas escolares.

Todas estas afirmaciones fortalecen lo propuesto en esta investigación, pues en la actualidad, es necesario que el profesor reflexione acerca del discurso matemático que ha heredado y que aún en muchos casos se sigue practicando y que para cambiarlo requiere por parte del docente de matemática, un convencimiento de que para entender y explicar las problemáticas que se presentan en la clase no es suficiente sólo la reflexión entre los docentes, sino además considerar el aporte de distintas teorías y nuevas visiones.

Campos (2007), realizó una investigación titulada Enfoque Humanista de la Educación Matemática y elementos efectivos en su enseñanza, en la cual presenta un proyecto educativo sustentado en una propuesta acerca del enfoque humanista - integrador de la matemática en la Educación Básica. Considera en primera instancia las características del estudiante, para de ahí partir a la concepción de la educación matemática como una manera de entender la realidad, propone elementos para el diseño de estrategias didácticas y la descripción de los ejes de evaluación y desarrollo.

Expresa además, que la evaluación del aprendizaje del alumno toma como base los siguientes ejes: Conocimientos, Desarrollo de habilidades, Atención a la diversidad - unidad, Creatividad, Valores, actitudes y toma de decisiones, ofrece sugerencias para una clase mejor, propone secciones especiales para atender en un curso de matemáticas, para pensar, para opinar, y para decidir.

Este trabajo aun cuando es dirigido a la etapa de Educación Básica, aportó a la investigación desarrollada, ciertos elementos que pudiesen considerarse dentro de las planificaciones de cualquier docente de la asignatura matemática, como es tomar en cuenta las características de los estudiantes, pues ningún curso es igual a otro, y cada uno tiene intereses distintos, que al considerarlos podrían generar un mejor aprovechamiento de las sesiones de clase, y por ende un rendimiento más alto y un aprendizaje con mayor significación para los discentes.

Sequera (2007), en su tesis doctoral titulada Creatividad y desarrollo profesional docente en matemáticas para la Educación Primaria, analizó la creatividad en educación, reconociendo los elementos que deben tenerse en cuenta para definir un potencial creativo en los procesos de desarrollo profesional docente.

Además reconoce la importancia de considerar la influencia de dos componentes del desarrollo profesional docente, el conocimiento matemático y el conocimiento didáctico, en relación a los criterios básicos de la creatividad.

Planteó cinco momentos de Aprendizaje Creativo: preparación, incubación, insight, verificación y reflexión, y los rasgos que identifican a cada uno, resultando elementos de complementación para la investigación desarrollada, pues enriquecen los fundamentos teóricos para la creatividad, específicamente la que proyecta el docente en el aula de clases.

Teppa (2006), presentó un trabajo titulado Didáctica creativa y desarrollo humano, en el cual considera que el esfuerzo y la búsqueda constante de la verdad, por medio de una didáctica crítico-constructivista creativa, la cual fomente el análisis y la investigación rigurosa, permitirá mejorar la calidad de vida de cada persona, para lograr justicia social, bienestar individual y colectivo.

Señala también que el desarrollo de la creatividad, el estímulo constante de las habilidades cognitivas, la enseñanza responsable y honesta del conocimiento, el respeto y los valores, permitirán crecer al "Homo sapiens", no como otra especie más, sino como seres extraordinarios, con talento genial para resolver dificultades y problemas de manera pacífica y equitativa para todos.

Este trabajo resultó importante para el desarrollo de esta investigación pues, establece algunos aspectos importantes para el desarrollo de la creatividad, que se fomentan dentro del aula de clases y que no tienen distingo de la asignatura a la cual se apliquen, pues lo primordial es estimar la mejora en la calidad de vida de cada estudiante con el fin de estimular el talento individual.

Orellana (2006), en su trabajo de ascenso Modelo pedagógico para fomentar la creatividad en el proceso enseñanza-aprendizaje en los profesores que laboran en Educación Superior. Caso: Ingeniería en Informática, presentó un modelo pedagógico para fomentar la creatividad en el proceso enseñanza-aprendizaje en los profesores que laboran en Educación Superior, en el cual analizó el proceso de enseñanza-aprendizaje para identificar las necesidades y buscar estrategias para el mejoramiento de la calidad del desempeño docente en el aula de clase. Teóricamente fue sustentado por una visión general de los diferentes enfoques que abordan el estudio de la creatividad y las diversas teorías que especifican las características creativas del docente y de la persona creativa.

Para la investigación desarrollada, fue significativa la visión general de los diferentes enfoques presentados por Orellana, pues enriquecen los planteamientos teóricos relacionados con la creatividad considerada desde el punto de vista del docente, y de cómo propiciar cambios en el estudiante, que generen soluciones creativas a los diferentes planteamientos que comúnmente se presentan en las clases.

Mora (2006), en su artículo La creatividad en educación, expresa que es necesario que se incentive cada vez más en la educación la creatividad, que se sepa aprovechar ese potencial que se tiene y en donde el docente, el facilitador sepa manejar adecuadamente los estímulos que den paso a que la creatividad en los alumnos se manifieste y se generen nuevas ideas, capaces de dar origen a paradigmas innovadores que el presente demanda en pro del aprendizaje, y la capacitación profesional.

Al respecto señala que educar en la creatividad es educar para el cambio y formar personas ricas en originalidad, flexibilidad, visión futura, iniciativa, confianza, amantes de los riesgos y listas para afrontar los obstáculos y problemas que se les van presentado en su vida escolar y cotidiana, además de ofrecerles herramientas para la innovación. Afirmaciones éstas que enriquecen a la investigación realizada, pues sugieren posibles soluciones a la problemática aquí planteada, donde la creatividad puede ser desarrollada a través del proceso educativo, favoreciendo potencialidades y consiguiendo una mejor utilización de los recursos individuales y grupales dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Arteaga (2002), publicó un artículo titulado Calidad y creatividad en Educación Matemática, en él afirma que la Educación Matemática tiene que ser una educación creativa, es decir, que promueva un aprendizaje productivo y creador que fomente en los estudiantes una actitud científica y creativa ante la vida.

Del mismo modo sugiere que debe estimularse la capacidad de pensamiento de los estudiantes, dándoles la oportunidad de descubrir relaciones, deducir consecuencias y definir conceptos. No debe presentarse a los alumnos un conocimiento ya elaborado, por el contrario debe brindárseles oportunidades valiosas que permitan ejercitar y desarrollar su capacidad de razonamiento.

Para el trabajo desarrollado resultó un aporte el artículo anterior, debido a que se afirman otros fines de la Educación Matemática diferentes a los que comúnmente se sugieren, lo cual haría mucho más enriquecedora la labor del docente de matemática y sería así posible propiciar en los alumnos, talentos y habilidades que ni ellos mismos conocen, pues se trata de cambiar la enseñanza memorística y el conocimiento ya elaborado, dándole paso así al acto creativo tanto del docente como del estudiante.

Rinaudo y Donolo (2000), en su artículo ¿Creatividad en educación? Retos actuales de la enseñanza universitaria, contribuyen a ubicar el problema de la creatividad en la consideración de docentes e investigadores interesados en el campo de la educación superior.

Sostienen que la creatividad consiste en generar algo verdaderamente nuevo y suficientemente valorado en una cultura, presentan algunos desarrollos relativos a la naturaleza de la creatividad y además reflexionan en torno a la creatividad como una meta de la enseñanza universitaria.

Para la investigación desarrollada, resultó sumamente pertinente considerar este artículo, pues coincide en el interés a investigar, pues plantea, cómo para la Educación Universitaria resulta un reto estimular la creatividad tanto de los profesores como de los estudiantes, pues los docentes de la universidad no sólo deben ocuparse de investigar y realizar actividades de extensión, sino también de diseñar estrategias que permitan a los discentes potenciar su creatividad, así como tener una visión distinta de las situaciones que se le presentan y deben solucionar en el quehacer diario.

Todos los trabajos y/o artículos antes mencionados, convergen en la importancia de considerar al docente, la familia, el entorno y la Educación Matemática, como elementos fundamentales para propiciar situaciones que permitan el desarrollo de las potencialidades de los estudiantes, con el fin de incrementar su creatividad.

Bases Teóricas

Para la presente investigación, se desarrolló una sustentación teórica conformada por diferentes aspectos que abarcan desde la Educación Matemática, el docente universitario de matemática como ente fundamental en el proceso de la educación y formación de futuros profesionales y la creatividad como elemento de aporte invalorable al acto educativo.

La Educación Matemática

En cuanto a la Educación Matemática, se tiene que hasta los actuales momentos, no se han establecido teorías concretas, más sin embargo se han realizado numerosos trabajos, por parte de investigadores, docentes, matemáticos, y otros, quienes han establecidos grupos de trabajo y/o encuentros anuales, en los cuales se han tratado asuntos relacionados a ésta. Por ello se pretende mostrar algunas de las conclusiones generadas por estos grupos de trabajo, que sustentan las ideas que hasta ahora se han planteado en torno a la Educación Matemática.

Waldegg (2000) expresa que la matemática presenta características diferentes, en cuanto al propósito desde el cual se estime:

> …Si consideramos a la matemática como el objeto de estudio del matemático profesional, la actividad tiene el propósito de hacer crecer el edificio teórico dentro de ciertas normas de coherencia, y presentarlo, si ese fuese el caso, para modelar el mundo físico. Si la matemática es el objeto de enseñanza del profesor, la intención de sus acciones consiste en hacer partícipe a las nuevas generaciones de una parte, previamente seleccionada, del edificio teórico, eligiendo para ello los medios y procedimientos adecuados. Cuando la matemática es el objeto de aprendizaje del estudiante, la meta es construir activamente un significado propio para ciertas partes de este edificio que le permitan, en un momento dado, utilizarlo de manera adecuada en su formación y en su vida profesional… (s/p)

Desde esta afirmación, es importante el propósito que se considera al momento de referirse a la matemática, pues la Educación Matemática, se vale de todos ellos, sin embargo se debe establecer cuál se desarrolla para así poder reconocer específicamente los aspectos que abarca y la perspectiva desde donde pudiese interpretarse, pues es posible que todo estuviese inmerso en un mismo fin, sin que esto implique que siempre se va a lograr los mismos resultados.

Cada uno de estos quehaceres de la matemática es radicalmente distinto de los otros, la materia prima con la cual se trabaja es diferente, así como la preparación y habilidades requeridas en cada caso, las normas de proceder y validar son distintas, tanto como los mecanismos de comunicación entre los actores respectivos y los resultados esperados.

Desde el punto de vista conceptual, la Educación Matemática pretende construir explicaciones teóricas coherentes, que permitan comprender el fenómeno educativo de manera general, y que ayuden a resolver situaciones problemáticas particulares; para el logro de este fin, debe desarrollar y adaptar métodos de estudio e investigación, así como encontrar propias formas de contrastar los resultados teóricos con la realidad que se pretende modificar. En este sentido la Educación Matemática no diferiría de otras actividades científicas ni en sus propósitos ni en sus métodos y tendería a parecerse más a las ciencias empíricas que a las disciplinas especulativas (Waldegg, 2000).

En la conformación de la identidad de la Educación Matemática como ciencia, se hace pertinente señalar los rasgos que la distinguen de otras ciencias que contribuyen a sus estudios, como la pedagogía, la psicología, la lingüística, la sociología, las ciencias de la comunicación, y por supuesto la matemática, la Educación Matemática podría considerarse como un campo de experimentación, en el cual se ponen a prueba muchas de las teorías generales que surgen del estudio de las otras ciencias; por otro lado ésta sienta sus bases tanto en la educación como en la matemática, pues los docentes de matemática que generan preguntas objeto de investigación dirigidas a la educación, están cargadas de contenidos matemáticos y las que se dirigen a los contenidos matemáticos intrínsecamente se relacionan al acto educativo.

Sin embargo la Educación Matemática es una rama joven del saber, si se compara con otras como la psicología, la física o la matemática, razón por la cual aún sus sistemas de objetivos, metodologías y criterios para validar las explicaciones que de ella se obtienen, presentan todavía mucha variabilidad y poco consenso. No obstante ésta ha ido adquiriendo especificidad, y en buena medida conciencia de sí misma, pues se han conformado distintos grupos interesados en investigar problemas asociados a la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, así como a la aplicación de los resultados de las investigaciones que permitan contribuir en la solución de las problemáticas planteadas.

Entre los grupos que han realizado o se encuentran realizando investigaciones y trabajos dirigidos a consolidarla como ciencia se pueden mencionar:

Grupo de trabajo internacional "Theory of Mathematics Education" o "Teoría de la Educación Matemática" T.M.E.: Conformado en el año 1984, en el V Congreso Internacional de Educación Matemática, en el cual se conformó un área temática con el nombre de "Teoría de la Educación Matemática", a la cual se le dedicaron cuatro sesiones, y al finalizar el congreso, se realizaron nuevas reuniones en las cuales quedó conformado el grupo, quien encabezó el profesor Hans-Georg Steiner del Instituto para la Didáctica de la Matemática de la Universidad alemana Beilefeld.

Este grupo se conformó por investigadores con formación e intereses en diferentes campos, matemáticos, profesores de matemática, investigadores en Educación Matemática, psicólogos y sociólogos educativos y formadores de profesores, entre otros; de acuerdo a lo planteado en la primera reunión, el grupo debía ocuparse de la situación de la Educación Matemática para ese momento y de las perspectivas para el desarrollo a futuro como campo académico y como dominio de interacción entre la investigación, el desarrollo y la práctica.

Si bien los temas desarrollados en las conferencias TME fueron de interés para distintos aspectos de la Educación Matemática, no es fácil apreciar en ellos un avance en la configuración de la disciplina, es decir, una teoría de carácter fundamental que establezca los cimientos de una nueva ciencia por medio de la formulación de conceptos básicos y postulados elementales. El grupo aunque continuó sus reuniones anuales durante algunos años, actualmente ha dejado de tener influencia y ha interrumpido sus actividades periódicas, quizás por el retiro laboral de su principal promotor, el profesor Steiner.

Grupo "Psychology of MathematicsEducation" o "Psicología de la Educación Matemática" P.M.E.: Conformado en el II Congreso Internacional de Educación Matemática (ICME-66), surge principalmente como consecuencia de la presión que tienen los investigadores en Educación Matemática de apreciar la perspectiva psicológica en el estudio de los procesos de enseñanza y aprendizaje matemático.

Según Vergnaud (1988) las cuestiones esenciales para la Educación Matemática, que pueden ser resueltas mediante una aproximación psicológica son las siguientes:

> …El análisis de la conducta de los estudiantes, de sus representaciones y de los fenómenos inconscientes que tienen lugar en sus mentes. Las conductas, representaciones y fenómenos inconscientes de los profesores, padres y demás participantes… (p.113)

De la misma manera el autor analiza cuatro tipos de fenómenos cuyo estudio puede ser fecundo desde una aproximación psicológica, los cuales son:

- La organización jerárquica de las competencias y concepciones de los estudiantes.
- La evolución, a corto plazo, de las concepciones y competencias en el aula.
- Las interacciones sociales y los fenómenos inconscientes.
- La identificación de "teoremas en acto", esquemas y símbolos. (ob. Cit. p.119)

Más allá de la problemática psicológica planteada en un inicio por el grupo, el debate sobre la investigación manifestó la necesidad de considerar dos nuevos aspectos según Balacheff (1990):

La especificidad del conocimiento matemático. Considerando que la investigación sobre el aprendizaje del álgebra, la geometría o el cálculo no se pueden desarrollar sin realizar un análisis epistemológico de los conceptos matemáticos, por lo cual debe hacerse énfasis en el estudio de los procesos cognitivos de los estudiantes más que en sus destrezas o producciones.

La dimensión social. Uno de los principales avances de la investigación en la psicología de la Educación Matemática fue el desplazamiento desde los estudios centrados en el niño hacia los estudios centrados en el estudiante como aprendiz de la clase, pues el estudiante es un niño o adolescente implicado en los procesos de aprendizaje dentro de un entorno específico en el cual las interacciones sociales con otros estudiantes y con el profesor juega un papel importante, de allí que las problemáticas deban desarrollarse utilizando observaciones sistemáticas de la clase o que precisen la organización de procesos didácticos específicos.

Sin embargo al revisar las memorias de las reuniones anuales del grupo PME, puede notarse que los informes de investigación discutidos incluyen investigaciones empíricas y teóricas, y que no sólo se limitan al ámbito psicológico, por lo que es conveniente mencionar la clasificación de los informes de investigación presentados en la reunión de este grupo celebrada en Sudáfrica en el mes de julio de 1998, entre los cuales se encuentran: La demostración, resolución de problemas, la formación y desarrollo del maestro, aprendizaje matemático temprano, geometría, factores afectivos y creencias, álgebra, pensamiento matemático avanzado y funciones, estudios socioculturales, números racionales y estocásticos, y la evaluación y el conocimiento del maestro sobre el pensamiento del estudiante.

La Escuela Francesa de Didáctica de las Matemáticas: Dentro de la comunidad de investigadores que desde diferentes disciplinas se interesan por los problemas de la Educación Matemática se ha ido destacando en los últimos años, principalmente en Francia, un grupo que se esfuerza en una reflexión teórica sobre el objeto y los métodos de investigación específicos, como resultado de este encuentro de intereses ha surgido una concepción de la Didáctica de las Matemática, que presenta caracteres diferenciales respecto a otros enfoques: concepción global de la enseñanza, fuertemente ligada a la matemática y a algunas teorías del aprendizaje.

Pudiese citarse como característica de esta concepción de la didáctica el interés por establecer un marco teórico original, desarrollando sus propios conceptos y métodos y considerando las situaciones de enseñanza y aprendizaje de un modo global.

Brousseau (1989), define la concepción fundamental de la Didáctica de las matemáticas como "una ciencia que se interesa por la producción y comunicación de los conocimientos matemáticos, en lo que esta producción y esta comunicación tienen de específicos". (p. 3)

Una característica importante de esta teoría, aunque no sea original ni exclusiva, es la consideración de los fenómenos de enseñanza y aprendizaje bajo el enfoque sistémico. Desde esta perspectiva, el funcionamiento global de un hecho didáctico no puede ser explicado por el estudio separado de cada uno de sus componentes. Además Chevallard y Johsua (1982) describen el "sistema didáctico" en sentido estricto, formado esencialmente por tres subsistemas: "profesor", "alumno" y "saber enseñado".

La Escuela Francesa de Didáctica de las Matemáticas, a partir de una serie de constructos teóricos introducidos en los últimos años, está en vías de constituir un núcleo de conceptos teóricos que sirva de soporte al desarrollo de la Educación Matemática como ciencia. Su capacidad de plantear nuevos problemas de investigación y de enfocar los ya clásicos desde una nueva perspectiva, se manifiesta a través de la producción científica de un colectivo de investigadores. Los conceptos como "situación didáctica", "contrato didáctico", "transposición de saberes" entre otros, planteados por la Escuela Francesa se utilizan cada vez con mayor frecuencia como organizadores de las explicaciones producidas por otros grupos de investigadores en todo el mundo.

Podría inferirse entonces, que los procesos del pensamiento matemático formaran parte también de los intereses de la Educación Matemática, pues una de las tendencias generales más difundidas hoy consiste en el hincapié en la transmisión de los procesos de pensamiento propios de la matemática, más bien que en la sola transferencia de contenidos. La matemática es, sobre todo, saber hacer, es una ciencia en la que el método claramente predomina sobre el contenido. Por ello se concede una gran importancia al estudio de las cuestiones, en buena parte colindantes con la psicología cognitiva, que se refieren a los procesos mentales de resolución de problemas.

Tal como lo afirma Londoño (2000), la Educación Matemática, debe abordar el desarrollo de la creatividad matemática, pues, el mundo actual requiere de hombres y mujeres creativos. Las matemáticas y su contenido en la formación de los estudiantes deberían servir para afianzar la resolución y el modelamiento de un amplio espectro de problemas.

Por otra parte, existe la conciencia, cada vez más acusada, de la rapidez con la que, por razones muy diversas, se va haciendo necesario traspasar la prioridad de la enseñanza de unos contenidos a otros. En la situación de transformación vertiginosa de la sociedad en la cual se encuentra el mundo entero, es claro que los procesos verdaderamente eficaces de pensamiento, que no se vuelven obsoletos con tanta rapidez, es lo más valioso que se puede proporcionar a los estudiantes. En esta dirección se encauzan los intensos esfuerzos por transmitir estrategias heurísticas adecuadas para la resolución de problemas en general, por estimular la resolución autónoma de verdaderos problemas, más bien que la mera transmisión de recetas adecuadas en cada materia.

El docente universitario

En la actualidad son muchos los profesionales que se desempeñan como docentes universitarios, formados o no como profesionales de la educación, día a día asumen el reto de transmitir saberes y conocimientos, en pro de formar individuos aptos para asumir los retos que la sociedad impone. Sin embargo ante esta realidad, se hace necesario considerar algunos aspectos relacionados a la docencia universitaria, que permitirán establecer un perfil del docente universitario que podrá lograr los cambios que la sociedad hoy en día amerita.

Según lo afirmado por Segura (2004), para lograr un cambio significativo en la educación universitaria no es suficiente dar los contenidos de una asignatura, es necesario que el docente aborde nuevos paradigmas y dirija su acción hacia una educación de calidad; pues debe tenerse como norte el desarrollo integral del hombre dentro de una línea bidireccional (alumno-docente), donde los ejes accesen y utilicen diversas fuentes de información, impulsen acciones de investigación y comprendan los principios del desarrollo integral que les permitan convertirse en miembros activos de la comunidad.

En cuanto al perfil del docente que tiene sobre su espalda la responsabilidad de generar esos cambios en los individuos que se deben integrar a diferentes roles dentro de la sociedad, Castro (1988) diferencia tres indicadores, los cuales llama: Beta, Gamma y Alfa; los indicadores Beta se relacionan con las competencias generales de la profesión, es decir que engloban las funciones y tareas significativas de la misma; los Gamma son inherentes a los conocimientos, destrezas y manejo instrumental demandados por dichas tareas y los indicadores Alfa están referidos a los rasgos de personalidad, actitudes, aptitudes y condiciones requeridas por cada indicador ocupacional y en armonía con los indicadores Gamma y Beta.

Por su parte, Martínez (1998) resalta que la formación de profesionales de la educación con miras hacia el futuro, debe sentarse sobre procesos comunicativos, partiendo de la consideración de que los contenidos que adquirieron en su tiempo están en revisión permanente y aun cuando en la universidad se consideren principios básicos, no debe olvidarse que la actualización debe ser en función de la capacidad para integrarse profesionalmente en las nuevas situaciones comunicativas, lo que implica entonces que la función docente se orienta a un comunicador que poyado en técnicas y recursos adecuados se ajuste a las situaciones de su entorno.

En este mismo orden de ideas, Sierra (2001) afirma que:

> …el educador es quien logra descubrir que la relación con los demás participantes del proceso educativo y en especial con los estudiantes, debe pasar previamente por la maduración de la relación que tiene el docente consigo mismo y por la conquista de su autenticidad personal. Por ello, la autoimagen está en el plano concordante con la autoestima y la autopercepción, que a su vez son los elementos enlazantes con el desempeño del docente y energía que éste le imprime a su trabajo y la orientación que le dé. (p. 48)

Esta afirmación lleva a pensar en un docente equilibrado, que puede ajustarse a las innovaciones y modificaciones que brotan de la propia dinámica educativa; un docente participativo, que refleje su labor en acciones que promuevan cambios positivos y significativos; así será un docente que proyecte confianza y propicie la creatividad de los participantes de su clase.

Al respecto Trueba (1999) asume al docente como una persona capaz de ejecutar roles de investigador, apoyado en la labor de equipo, orientado en la unión de esfuerzos, la promoción e intercambio de ideas e innovaciones, y capaz de compartir información y conocimientos en espacios más exigentes.

Todas las apreciaciones anteriores permiten pensar que el perfil integral del docente universitario, puede concebirse como el conjunto organizado y coherente de atributos o características altamente deseables en un educador, que se materializan en los conocimientos que posee, las destrezas que muestra, las actitudes que asume y los valores que enriquecen su vida personal y educativa. La sinergia de este conjunto de atributos podría permitirle desempeñarse eficazmente, con sentido creador y crítico, en las funciones de docencia, investigación, extensión y servicio que corresponden a su condición académica, concebidas como funciones interdependientes, comprometidas en el logro de la misión de la universidad.

Por su parte Díaz (2001), considera la enseñanza universitaria como un proceso fundamentado en un estudio multidisciplinario que está comprometido con el desarrollo integral del aprendiz, con la cultura y la ética profesional, con las transformaciones sociales y con el modelo sociopolítico del país, de acuerdo con Díaz, el docente universitario "…es una figura clave en el proceso socioeducativo, por lo tanto la universidad debe responsabilizarse de su formación permanente para así garantizar un óptimo proceso de interaprendizaje y mejorar la calidad académica y profesional de sus egresados…". (ob. Cit. p. 67).

Partiendo de esta afirmación puede considerarse entonces, que la labor del profesor universitario reviste un compromiso social, derivado de una nueva etapa marcada por los acelerados cambios tecnológicos y de información, así como por los diferentes conflictos sociales, por lo que quienes desempeñan esta hermosa labor, deben dirigir sus esfuerzos hacia la conformación de una actitud positiva y multidisciplinaria en sus estudiantes, de modo que sean capaces de obtener las conexiones entre distintas disciplinas y fomentar así en ellos una participación más activa hacia los problemas del entorno, estando abiertos a críticas que puedan mejorar sus aportes teóricos y científicos.

En cuanto a los docentes universitarios, Barabtario (1993) expresa que el noventa por ciento (90 %) de los profesores de las instituciones de educación superior son profesionales egresados de alguna licenciatura y no han realizado estudios que los capacite para el ejercicio de la docencia, es decir, que los formara como profesores, además afirma "…que el ser experto en un área o materia es una condición necesaria más no suficiente, para ser un buen profesor…" (p. 40).

De allí la imperante necesidad de generar en ellos cierta motivación a la formación docente a través de la investigación, que permita enriquecer su quehacer diario en la labor docente, aun cuando no hayan sido formados convenientemente para ella, de modo que puedan aprovechar su experticia en el área o materia y combinarla con las estrategias y/o modelos que se adecúen al grupo de estudiantes al cual se dirigen, todo con el fin de incentivarlos a expresar nuevas ideas que permitan solucionar situaciones cotidianas planteadas en el aula.

En el mismo orden de ideas, Villarroel (1995) advierte que aunque el docente conozca la materia, esto no asegura que el mismo domine los principios y mecanismos para su enseñanza; cuestión que refleja la necesidad de formarlo, paralelamente en el área pedagógica y/o andragógica.

Es por esto que cada día es mayor el número de profesionales que ejercen la docencia (sin haberse formado para ello), que se inscriben en especializaciones y/o maestrías en Educación que les permitan adquirir las herramientas que podrían hacer su labor diaria como docentes más eficaz, a la vez que generan a nivel social un cambio en la actitud del docente, quien no sólo debe ser experto en un área, sino también preocuparse por cómo hace llegar ese conocimiento e interés a sus estudiantes, quienes día a día deben enfrentarse al reto de formarse como futuros profesionales, útiles a la sociedad y capacitados para enfrentarse a los retos que en diferentes momentos deberán enfrentar.

De acuerdo con Flórez (2001), la didáctica es el componente más instrumental y operativo de la pedagogía, pues se refiere a las metodologías de enseñanza, al conjunto de métodos y técnicas que permiten enseñar con eficacia. Por esta razón el profesor debe estar en capacidad de aplicar coherentemente las estrategias didácticas dentro del modelo pedagógico propuesto.

Es de observar que la búsqueda del conocimiento es una función inherente al rol del docente universitario en la sociedad, sin embargo, según Villarroel (1995) existe una separación de roles en la vida universitaria, pues:

> …unos están allí para producir el conocimiento, es decir son investigadores. Otros transfieren esos conocimientos a la comunidad extra universitaria traducidos en servicios y aplicaciones, son los extensionistas; y hay otro grupo que debe transmitir esos conocimientos, ellos son los docentes… (p.114)

Por lo tanto es importante que los docentes construyan sus propios conocimientos, para poder ayudar a los estudiantes a que hagan lo mismo, pues un buen docente universitario es aquel que ha logrado construir sus propios conocimientos con relación a la disciplina que enseña, a través de un proceso de investigación, no simplemente con fines de producción científica, sino con la intención de comprenderla, analizarla y aplicarla, para entonces sí, poderla enseñar (ob. Cit.).

Barabtario (1993) coincide con el autor anterior, al proponer que la formación de los docentes se promueva desde una perspectiva docencia-investigación y extensión, lo cual implica un proceso de modificación que se configura a partir de situaciones de problematización, comunicación y toma de conciencia. En este contexto, la investigación es una tarea fundamental para el docente universitario y representa una estrategia en un modelo pedagógico alternativo, inscrito en el marco de la educación de adultos.

Además de toda la formación pedagógica, andragógica y científica que debe tener el profesor universitario, es primordial considerar el área humanística, pues éste es un ser humano que debe formar a otros seres humanos, con base en el respeto hacia la dignidad humana, a fin de crear condiciones de vida favorables a nivel personal y social.

Al respecto Flórez (2001, p. 23), define la pedagogía como "…una disciplina humanista, optimista, que cree en las posibilidades de progreso de las personas y en el desarrollo de sus potencialidades…", bajo esta perspectiva, se plantea la enseñanza inspirada en principios y criterios que permitan seleccionar las mejores propuestas de instrucción de acuerdo con las condiciones reales y las experiencias de los aprendices, con miras a su formación.

Ser un docente universitario competente desde una concepción humanista de la educación significa, no sólo ser un conocedor de la ciencia que explica, sino también de los contenidos teóricos y metodológicos de la psicología, la pedagogía y la investigación educativa, de manera que pueda generar un proceso de enseñanza-aprendizaje potenciador del desarrollo de la personalidad del estudiante.

La creatividad

Dentro del quehacer del docente es importante considerar a la creatividad como elemento fundamental tanto para desarrollo de sus clases como para el fomento de las ideas en los estudiantes, pues es realmente valioso que sean los propios alumnos quienes puedan esbozar múltiples soluciones a las problemáticas planteadas durante las clases, expresando sus diferentes puntos de vista y sin coartar ninguna idea que de ellos provenga, así se generarán nuevas y variadas soluciones para una misma problemática.

En cuanto a una definición específica de creatividad, no se ha logrado un consenso definitivo, sin embargo se plantean algunas definiciones de acuerdo a la consideración que se estime; de modo general, Ramos (2005) afirma que, "…es disposición para la activación, asimilación y producción de estímulos internos y externos que favorezcan la receptividad a nuevas ideas, así como la capacidad de producir y comunicar nuevos elementos originales". (p. 20)

Vista de esta manera, se aprecia a la creatividad como ese elemento fundamental en el ser pensante que genera nuevas ideas, y que muestra la disposición y apertura de producir diferentes elementos que favorezcan cualquier proceso o que aporten elementos significativos a situaciones cotidianas.

Considerándola como proceso, Parenesc (1998) la define como "…el proceso de presentar un problema a la mente con claridad (ya sea imaginándolo, visualizándolo, suponiéndolo, meditando, contemplando), y luego originar o inventar una idea, concepto, noción o esquema según líneas nuevas o no convencionales. Implica análisis y reflexión." (p. 64).

Por su parte Guilford (1983), parte de que la creatividad permite solucionar problemas y expresa que:

> La creatividad es una forma de pensamiento, la cual se desencadena a causa de la entrada de un sujeto a un problema, en cuya solución se advierte la existencia de ciertas características especiales, como son: sensibilidad para los problemas, flexibilidad, originalidad y elaboración. Es educar en el sentido más completo, y es la clave para la solución de problemas más apremiantes de la humanidad… (p. 18)

Tomándola como valor, "…es un valor en sí misma. Es un estado natural de todos los seres humanos, va más allá del pensamiento hacia la actitud creativa para culminar en la acción." (Ramos, 2001, p. 22)

Todas estas definiciones permiten ubicarla como un elemento innato en los seres humanos y de gran provecho para el desarrollo de la sociedad a nivel mundial, sin ella sería imposible tener todos los cambios y avances que se poseen hoy día en el mundo entero.

Teorías de la creatividad

El asociacionismo: Explica la creatividad sobre la base de la relación que existe entre el proceso de ensayo y error y el pensamiento creativo en la activación de las relaciones mentales que continúan influyendo hasta que surge la combinación correcta o hasta que el sujeto interrumpa el proceso.

El ser humano encuentra en la asociación una forma de ir aumentando su conocimiento del mundo. Según esta corriente, los creativos se diferencian de los no creativos en dos elementos fundamentales: la jerarquía de las asociaciones y la fuerza de las mismas. El proceso de libre asociación, requiere para manifestarse que se cree un clima adecuado para llevarlo a cabo, de modo que sea una "vía" de la creatividad.

El asociacionismo "…llega hasta explicar el pensamiento en el proceso de mediación, el cual consiste en el reforzamiento que ocurre a nivel interno y es automático…" (Ramos, 2005, p. 53). Éste se fundamenta en el proceso de ensayo y error, mediante la activación de asociaciones mentales; al respecto Mednick (1978), afirma: "La creatividad es la culminación de un proceso mediante el cual se combinan de modo novedoso varias ideas que previamente no se relacionaban entre sí…". (p. 67)

Apoyada en la teoría del asociacionismo, la práctica creativa se expresa en la elaboración de mapas mentales, lluvia de ideas y creando asociaciones forzadas, entre otras, ya que en estos procesos intervienen componentes intelectuales y combinación de ideas que crean relaciones antes insospechadas.

Teoría psicoanalítica: Propuesta por Freud y secundada por Jung, a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, se considera una de las teorías iniciales en el campo del conocimiento científico para fines terapéuticos. El psicoanálisis sostiene que el comportamiento externo supone una mínima parte de la actividad mental.

El objetivo de la teoría del psicoanálisis se plantea como un recurso para establecer, en el ámbito de la actividad creadora, una relación entre los procesos primarios dominados por el instinto, y los secundarios, más racionales, conscientes y capaces de desarrollar tendencias propias de la personalidad creadora, sin olvidar que existe un conflicto original entre lo instintivo y lo consciente, cuya causa se produce en la influencia con la sociedad y sus imposiciones, y dependiendo también de los rasgos que caracterizan la personalidad la cual, si es creadora, deberá responder a los procesos con flexibilidad, constancia, amor a la obra que realiza y tolerancia, entre otros rasgos.

Ramos (2005) expresa que "…lo importante es establecer claramente que muchas de las soluciones creativas se logran con frecuencia en estado inconsciente o semiinconsciente; por lo tanto, el acceso al inconsciente puede ser educado, siempre y cuando se apliquen métodos adecuados…" (p. 55). Se consideran como técnicas para el trabajo con el inconsciente, la meditación profunda, relajación, oír música especializada, mediante cuyas actividades se logre el acceso a la interioridad de la persona, para que luego que se haya desconectado de la realidad, logre asociaciones entre diversos elementos que fluirán posteriormente hasta desarrollar características que debe poseer la personalidad creadora.

Corriente Humanista: Propicia el desarrollo del potencial humano, la voluntad libre y la autorrealización. Maslow (1979) señala que la libertad del hombre es un paso esencial inherente a la naturaleza humana, existente desde la hora del nacimiento donde está presente lo vivencial, los valores y la creatividad para actuar con algún propósito.

Considera que el desarrollo al cual aspira el ser humano para lograr la autorrealización va a estar sometido a dos fuerzas o tendencias interiores, de las cuales una procura la seguridad por lo que la persona siente, el deseo de permanencia; la otra impulsa al logro, al funcionamiento pleno, al desarrollo de todas las capacidades potenciales o reales.

Modelo cognitivo: Describe las funciones mentales en términos de símbolos y las reglas que operan dichos símbolos y se centra en los procesos para la solución de problemas. Gadner (1998) describe el cognitivismo, como el desarrollo del pensamiento que se obtiene mediante una relación entre motivación, ejecución y hábito, y posee una estructura general para procesar la información utilizando sistemas simbólicos concretos y realiza sus operaciones en tiempo real.

Los procesos cognitivos, base de esta teoría, son las operaciones que la mente efectúa para producir nuevas ideas o transformar las ya existentes, esto requiere de la activación de los microprocesos y los macroprocesos. Los primeros son funciones elementales no observables directamente en la conducta, pero representan la base de los macroprocesos; por lo que podría interpretarse que la creatividad es un grupo de macroprocesos de tipo intermedio. Los macroprocesos representan el producto creativo, mientras que los intermedios permiten distinguir las diferencias individuales. La psicología cognitiva estudia las variaciones en el desarrollo de los procesos, la riqueza o flexibilidad de las estructuras cognitivas con las que se aplican dichos procesos, capacidad de memoria y el funcionamiento global de la mente, es decir, cómo se combinan todos los microprocesos.

Modelo factorial: Guilford (1967) presenta su teoría de la estructura de la inteligencia, considerando que la creatividad requiere cierto número de factores intelectuales que se relacionen entre sí, los cuales deben conformar el pensamiento divergente y convergente. En el pensamiento divergente deben encontrarse los elementos más importantes de la creatividad: fluidez, flexibilidad, espontaneidad y originalidad.

El autor llegó a la conclusión de que las aptitudes en la estructura de la inteligencia, responsable directa del éxito en el pensamiento creativo, pertenecen a la categoría de la producción divergente que incluye aptitudes para generar diversos tipos de información. Otro de los elementos que se consideran de relevancia en esta teoría, es la existencia de dos grupos de rasgos importantes para creatividad, los cuales denominó cualidades motivacionales y cualidades temperamentales. Dentro de este enfoque, el entrenamiento del pensamiento creativo y la solución de problemas, son altamente posibles y deseables.

Modelo sistémico de Csikszentmihalyi: Este modelo ha causado interés por considerar a la persona como parte de un sistema de influencia e información mutua, Csikszentmihalyi (1998) considera que no se puede estudiar la creatividad aislando a los individuos y sus obras del medio histórico y social en que llevan a cabo sus acciones.

Efectivamente, la creatividad no es el resultado de una acción individual aislada sino el producto de tres fuerzas que son definidas por el autor en los términos siguientes:

a) Una sociedad que selecciona entre variables producidas por sus individuos, las que considera se deben conservar.

b) Un dominio cultural establece que transmite y preserva nuevas ideas a las generaciones futuras: música, literatura, religión, tecnología.

c) La persona que realiza transformaciones para llegar a ser creativa realizando cambios en el dominio, integrada en el sistema ambiental. (ob. Cit. p.72)

De acuerdo con la estructura del dominio, la persona se encontrará con un grado variable de dificultad para innovar. Mientras más preciso sea el sistema de motivación, más fácil es detectar el cambio, y evaluar si la persona hace o no una contribución original.

Modelo de los componentes de Amábile: O teoría ambientalista, considera importante la fase de contacto con el ambiente en el cual se generan los problemas, el énfasis se hace en la motivación para la creatividad, con un enfoque de psicología social. El modelo presentado por Amábile (1996) establece como etapas para el desarrollo del proceso: la presentación del problema o tarea, preparación u obtención de la información en el entorno, generación de las posibles respuestas, validación de la respuesta contrastando con la verdad de lo hecho y el resultado del proceso que puede ser un éxito o un fracaso.

El modelo es integrador, ya que según lo que expresa el autor, ni el enfoque de la personalidad sólo, ni el cognitivo, ni la psicología social o ambientalista aislados, pueden dar respuesta al proceso creativo, debido a que la creatividad requiere de diversos factores, para su adecuado desenvolvimiento.

Clases de Creatividad

Según la originalidad o novedad relativa del proceso y producto creativo Herrán (1998) clasifica a la creatividad y a los creativos en tres niveles sucesivamente incluyentes:

Creatividad educativa o de primer orden: Es aquella que conduce a un descubrimiento nuevo para quien o quienes lo realizan. Tales comportamientos suelen estar integrados en acciones de la vida cotidiana, aunque también pueden ser técnicos o formativos. Por ejemplo, cuando un niño descubre progresivamente el concepto de número está realizando una acción mental subjetivamente creativa o personal. El rasgo definitorio de estas acciones creativas es la originalidad subjetiva o la capacidad formativa.

Creatividad sobresaliente o de segundo orden: Es relativamente excepcional, porque en sentido estricto sobresale de un grupo concreto de referencia. Lleva a un descubrimiento nuevo, tanto para quien lo realiza, como para los componentes del entorno social y directo que le rodea, pero no para otras personas.

Creatividad extraordinaria o de tercer orden: Es completamente excepcional y novedosa en el momento de su realización, tanto para su autor, su grupo de referencia o su sociedad. En su día, el descubrimiento del cloroformo, el invento del teléfono o el diseño y elevación de la torre Eiffel fueron producciones de esta clase de comportamientos, por constituirse entonces en novedades, tanto para sus creativos como para la humanidad.

Cuando el individuo se enfrenta a la realidad y la descubre, está desarrollando un acto subjetivamente creativo. Si su categorización, su forma de solucionar situaciones o su obra no se producen del modo esperado, habrá verificado además un acto de conocimiento objetivamente original.

Además Herrán (2006), clasifica la creatividad según su finalidad:

Creatividad puntual, espontánea o de acción para un logro: Aquella que tiene lugar desde una actuación aislada o incluso casual, y que no obedece a finalidades conscientes más elaboradas. El término puntual equivale a relativamente inconexa. Emerge por los conocimientos previos y la circunstancia. Suele referirse a asuntos propios del presente. Su proceso básico es el descubrimiento, el hallazgo novedoso. En el mejor caso se califica como brillante, útil, extraordinaria.

Creatividad sistémica, parcial o de logro para un sistema: Aquella polarizada al interés limitado de un sistema determinado (personal, ideológico, doctrinario, epistemológico, institucional, entre otros), que se adopta como referente prioritario. El calificativo parcial hace referencia a su sesgo inherente y a la presencia de otras opciones análogas. Gravita en torno al egocentrismo individual o colectivo. Suele ocuparse de temáticas circunstanciales planificadas, funcionales y futuribles. Su proceso básico es la productividad y el interés del sistema de apego. Normalmente, desde ella se pretende la creatividad rentable en función de objetivos asociados al tener más, superar a otros, funcionar mejor, fortalecer la cohesión interna, la autoestima colectiva y mejorar el bienestar propio. La preeminencia de esta clase de creatividad incide directamente en la Didáctica, y sesga contundentemente el conocimiento y la motivación.

Creatividad evolucionista, total o de sistema para la evolución humana: Aquella que adopta como dimensión fundamental la posible evolución humana (madurez personal, mejora social, generosidad, convergencia social, humanización, entre otros), y en función de ella coloca los intereses menores o parciales.

Dimensiones de la creatividad

Desde el ámbito educativo Ortíz (2000) plantea la necesaria interacción de las diferentes dimensiones que conforman el proceso de desarrollo humano orientado a la construcción y desarrollo del ser en sus semejantes, constituidas en un todo integral y dinámico, en el cual la creatividad como uno de los de mayor significación, actuaría además de su papel transformativo y productivo, como un factor cohesionante, dinamizador y proyectivo en la búsqueda de una sólida construcción humana y social. Estas dimensiones son:

Axiológica: En ella es esencial comprender los valores y las aspiraciones que motivaron al ser humano a crearlos, sin los cuales un objeto queda desvinculado de su contexto y no se le puede atribuir su verdadero significado. Lo tangible sólo se puede interpretar mediante lo intangible. Aquí se tiene en cuenta el conocimiento, la comprensión y la autonomía.

Afectiva: Permite lograr la consagración e identificación de la producción creadora.

Cognitiva: Se manifiesta en la funcionalidad y la habilidad de pensamiento.

Laboral: Permite la elaboración, producción y transformación de la idea creadora.

Formativa: Permite relacionar el ser, el saber y el conocimiento profesional.

Lúdica: Se dirige al disfrute, a la ampliación de posibilidades y se presta a representarse a través del juego.

Participativa: Alimentar la creatividad colectiva también significa hallar la forma de ayudar a que los estudiantes creen formas nuevas y mejores de convivir, estudiar y trabajar juntos.

Comunicativa: Implica controversia, diálogo, argumentación y comprensión.

Urbana: La creatividad también se manifiesta en la cultura de la vida cotidiana, en la variedad, diversidad y heterogeneidad de las instituciones, en las pautas de interacción y actividades destinadas a satisfacer los intereses sociales. En el medio urbano, la mezcla de modos de vida y de trabajo, y formas de expresión tiene un gran potencial de creación e innovación, lo mismo que de conflicto.

Rasgos característicos de las personas creativas

Csikszentmihalyi (1998) afirma que las personas creativas manifiestan una capacidad de pensar de maneras distintas, pudiendo pasar de un extremo otro, como ser competitivos y a la vez cooperativos, además dan muestra de diez pares de rasgos aparentemente antitéticos:

1.- Los individuos creativos tienen gran cantidad de energía física, pero también a menudo están callados y en reposo. Proyectan un clima de entusiasmo y frescura, a la vez de que pasan horas trabajando con mucha concentración. Pudiese afirmarse que la energía de las personas creativas se genera en su interior y se debe más a la concentración de su mente que a la superioridad de sus genes.

Consideran que un ritmo donde la actividad va seguida de ocio o reflexión es muy importante para lograr el éxito en su trabajo, y no se trata de una condición que esté presente en su fisiología, sino que se aprende por ensayo y error, como estrategia para lograr los objetivos que se plantean.

2.- Las personas creativas tienden a ser vivos, pero también ingenuos al mismo tiempo. Es obvio que la inteligencia se relaciona directamente con la creatividad, sin embargo, ningún extremo es bueno, puede afirmarse que las personas con una inteligencia baja tienden a dificultárseles el acto creativo; sin embargo aquellas personas intelectualmente brillantes, en algún momento pudiesen perder la curiosidad esencial para llevar a cabo cualquier cosa nueva. Incluso puede resultarles tan fácil que pierden el incentivo para interrogar, cuestionar y mejorar los conocimientos existentes.

Además quienes producen una novedad aceptable en un determinado campo, parecen capaces de usar bien dos formas opuestas de pensamiento: el convergente y el divergente. "…El pensamiento divergente no es de gran utilidad sin la capacidad de distinguir una idea buena de otra mala, y esta selección exige el pensamiento convergente…" (Csikszentmihalyi, 1998, p. 83). El pensamiento convergente es medido por los test de Coeficiente Intelectual, y se enfoca en resolver problemas racionales bien definidos que tienen una sola respuesta correcta, mientras que el pensamiento divergente lleva a una solución no convenido, supone fluidez para generar gran cantidad de ideas, flexibilidad para cambiar de una perspectiva a otra y originalidad a la hora de escoger asociaciones inusitadas de ideas.

3.- *Las personas creativas combinan el carácter lúdico y la disciplina, o la responsabilidad e irresponsabilidad*. Es cierto que una actitud lúdica y alegre es típica de los individuos creativos, pero este carácter lúdico no llega muy lejos sin una cualidad hecha tenacidad, resistencia y perseverancia; se necesita mucho trabajo duro para llevar a la práctica una idea novedosa y para poder superar los obstáculos que inevitablemente se encuentran las personas creativas.

A pesar de la actitud despreocupada que muestran muchos creativos, la mayoría trabaja hasta altas horas de la noche y continúan adelante cuando individuos menos motivados no lo hacen.

4.- *Los individuos creativos alternan entre la imaginación y la fantasía, en un extremo, y un arraigado sentido de la realidad en el otro*. Para apartarse del presente sin perder contacto con el pasado, ambos son necesarios. "…Lo que convierte en creativa una idea novedosa es que, una vez que la consideramos, tarde o temprano nos damos cuenta de que, por extraña que sea, es verdadera". (Csikszentmihalyi, 1998, p. 86).

Las personas que no manifiestan creatividad, rara vez son originales, pero en ocasiones son extravagantes, mientras que las personas creativas, a lo que parece, son originales sin ser extravagantes. La mayoría de las personas en la sociedad, suponen por ejemplo, que los artistas tienen su punto fuerte en la fantasía o extravagancia, mientras que los científicos son realistas; esto pudiese ser verdadero, desde el punto de vista de las actividades que realizan a diario, sin embargo cuando una persona comienza a trabajar creativamente, el artista puede ser tan realista como el científico y el científico tan imaginativo como el artista.

5.- *Las personas creativas parecen albergar tendencias opuestas en el continuo entre extraversión e introversión*. Es común que cada individuo tiende a ser una cosa o la otra, ya sea prefiriendo estar en medio de las multitudes o simplemente manteniéndose aparte y viendo pasar el espectáculo.

Los individuos creativos, parecen manifestar ambos rasgos al mismo tiempo; insisten continuamente en la importancia de ver y oír a otra gente, intercambiar ideas y llegar a conocer el trabajo y el parecer de otras personas, manifiestan una capacidad para relacionarse sumamente importante para nutrir su creatividad, la cual pueden manifestar en momentos de soledad y tranquilidad.

6.- *Los individuos creativos son también notablemente humildes y orgullosos al mismo tiempo*. Es realmente extraordinario reunirse con alguna persona famosa, que quizás se muestre arrogante o desdeñosa, y en cambio lo que demuestre sea autocrítica y timidez. En las personas creativas se tiene en primer lugar que son perfectamente conscientes de los logros que han obtenido, y que los anteceden grandes contribuciones de otras personas creativas y en segundo lugar que por lo general están tan centrados en proyectos futuros y tareas actuales, que sus realizaciones pasadas, ya no le resultan demasiado interesantes, por muy destacadas que hayan sido.

"Al mismo tiempo, naturalmente, por modestos que sean estos individuos, saben que, en comparación con otros, han llevado a cabo grandes realizaciones. Y este conocimiento proporciona una sensación de seguridad, incluso de orgullo…" (Csikszentmihalyi, 1998, p. 92). Comúnmente esto lo manifiestan como una sensación de confianza en sí mismos. Podría expresarse esta dualidad como un contraste entre ambición y desinterés, o competencia y cooperación, pues es necesario que los individuos creativos sean ambiciosos y agresivos. Sin embargo, es frecuente que al mismo tiempo se muestren dispuestos a supeditar su propio bienestar y promoción al éxito del proyecto en el cual están trabajando, sea cual sea.

7.- *Los individuos creativos en cierta medida están fuera del estereotipo en el cual los hombres masculinos reprimen aspectos de su temperamento que según su cultura se consideran femeninos y las mujeres deben reprimir los aspectos que se consideren masculinos*. Es común encontrar que las mujeres creativas y de talento son más dominantes y duras que las demás y que los hombres creativos son más sensibles y menos agresivos que el resto.

Esta tendencia hacia la androginia, se entiende en algunos casos desde una perspectiva netamente sexual, y pudiese confundirse con homosexualidad. Sin embargo, la androginia psicológica es un concepto mucho más amplio, el cual "…se refiere a la capacidad de una persona para ser al mismo tiempo agresiva y protectora, sensible y rígida, dominante y sumisa, sea cual sea su género…" (Csikszentmihalyi, 1998, p. 93). Una persona andrógina puede relacionarse con el mundo partiendo de una variedad de posibilidades mucho más rico que otros, pudiendo resultar sorprendente que las personas creativas muestren mayor posibilidad de contar no sólo con las fuerzas de su propio género, sino también con las del otro.

8.- *Generalmente se piensa que las personas creativas son rebeldes e independientes*. Es difícil notar cómo una persona puede ser creativa sin ser tradicional y conservadora, y al mismo tiempo sea también rebelde y heterodoxo; ser sólo tradicional deja el campo sin modificar, pudiese afirmarse que probar fortuna continuamente sin referencia a lo que se ha valorado en el pasado pocas veces conduce a la novedad que es aceptada como un mejoramiento.

9.- *La mayoría de las personas creativas sienten gran pasión por su trabajo, aunque también pueden ser sumamente objetivas con respecto a él*. La energía que se produce de este conflicto entre apego y desapego ha sido señalada por muchos creativos como parte importante de su trabajo, pues sin pasión se pierde el interés por una tarea difícil, más sin embargo si no se es objetivo con el trabajo que se realiza entonces éste podría carecer de credibilidad.

10.- *La apertura y sensibilidad de los individuos creativos a menudo los expone al sufrimiento y el dolor, pero también a una gran cantidad de placer*. El sufrimiento es fácil de entender, la mayor sensibilidad puede provocarles mayor sensibilidad y esto desaires y ansiedades que los demás habitualmente no sienten. Es cierto que el profundo interés y dedicación a "materias oscuras" con frecuencia queda sin recompensa, e incluso puede acarrear burlas.

El pensamiento divergente a menudo es entendido por la mayoría como desviado, de manera que la persona creativa puede sentirse aislada e incomprendida; son riesgos que enfrentan los creativos y a los cuales no pueden mostrarse insensibles. Sin embargo puede afirmarse que la cualidad más importante que está presente constantemente en individuos creativos es la capacidad de disfrutar el proceso de creación por sí mismos.

Pensamientos divergente y convergente como base para la creatividad

Partiendo de lo que plantea González (2007), podrían considerarse dos tipos de pensamiento o dos formas distintas de abordar una actividad intelectual que, lejos de ser contrapuestas en la práctica (sí lo son en su definición teórica), son totalmente complementarias en los procesos creativos; el pensamiento divergente y el pensamiento convergente, que se describen brevemente de la siguiente manera:

El pensamiento divergente: Se llama así a un tipo o forma de pensamiento que busca analizar los problemas desde distintas perspectivas, no se restringe a miradas únicas, a aquellas aceptadas tradicionalmente, se abre incluso hacia ideas que pueden parecer absurdas en un primer momento. El pensamiento divergente actúa siempre removiendo los supuestos establecidos, desarticulando esquemas conocidos, flexibilizando posturas rígidas y siempre abriendo caminos sin límite hacia lo original, por insólito que parezca.

El pensamiento convergente: Por el carril opuesto se tiene al pensamiento convergente como aquel que utiliza la capacidad de ordenar, discriminar, evaluar y seleccionar entre las alternativas disponibles. En líneas generales se emplea para resolver problemas muy bien definidos y acotados donde la solución es casi única.

El pensamiento se mueve en una sola dirección conocida, unívoca y lineal, en un solo plano, como si se tratara de un test de cinco alternativas con una sola respuesta correcta. Aun cuando se sabe que casi nunca la vida es así y que a menudo hay muchas respuestas a los problemas, este tipo de pensamiento permite elegir aquella respuesta que el pensamiento divergente elaboró en una primera instancia y que de acuerdo a los conocimientos y experiencias que se tienen, se adapta adecuadamente al problema en cuestión.

En definitiva, mientras el pensamiento divergente crea una múltiple cantidad de opciones creativas, algunas incluso absurdas, el pensamiento convergente selecciona una de las tantas alternativas ofrecidas como la más apta y posibilita su puesta en acción. Ambos tipos de pensamiento son absolutamente necesarios, no es mejor uno que el otro y en la resolución creativa de los problemas tienen ambos un impacto y una significación crucial.

Desarrollo de la creatividad

Un motivo importante para explorar la creatividad es el deseo de animar a los individuos a tener más inventiva en todos los aspectos de la vida, tanto en beneficio de la sociedad como para su propia realización. Es posible aprender estrategias específicas útiles para problemas parecidos a los de los estudios (campos, técnicas como la matemática, la ingeniería y el diseño), pero es importante enseñar a resolver problemas de una manera creativa.

Existen, sin embargo, varias técnicas o maneras para propiciar el ser más creativo, como por ejemplo, librarse de los "bloqueos conceptuales", muros mentales que obstaculizan o impiden la habilidad del individuo para percibir un problema o concebir su solución. Estos pueden ser bloqueos emocionales, culturales, intelectuales o expresivos. Mayer (1983) sugiere los siguientes puntos para desarrollar la creatividad:

- Pensar y entender con tiempo el problema
- Identificar los datos más importantes
- Ser conscientemente original
- Eliminar realmente el problema
- Ser objetivo
- Buscar distintos caminos para la solución del problema.

En este sentido, algunas condiciones que pueden facilitar el impacto de las técnicas de desarrollo de la creatividad son:

a. Capacidad o habilidad de plantear, definir, identificar o proponer problemas.
b. Es integral. En un proceso, una característica de la personalidad y un producto que existe en un contexto específico. Las personas que hacen cosas creativas (productos), lo hicieron con determinado procedimientos (proceso) y actuaron de determinada manera (personalidad y características).
c. Creatividad focalizada. Se es creativo en donde se puede ser creativo. Se relaciona también con las formas de enfocar la atención.
d. Aprendizaje y aproximaciones sucesivas. Se relaciona con que los individuos tienden a incrementar las conductas que le son premiadas.

El desarrollo de la consciencia a darse cuenta, es una variable independiente relacionada con la capacidad creativa. Es posible afirmar que afectan en el funcionamiento del cerebro, se afecta la percepción de la realidad; y los cambios en la percepción son fundamentales para el ser creativo.

Conductas generadoras de creatividad en los adultos

Amábile (1996) sugiere las siguientes actuaciones en factores generales y sociales:

Factores generales:

1.- Estrés: la ejecución creativa de un trabajo es más probable cuando existen menos dificultades extrañas al trabajo mismo.
2.- Apoyos externos: los apoyos externos al trabajo (becas, apoyo de fundaciones, entre otros) estimulan la creatividad.
3.- Uso de heurísticos creativos: los heurísticos equivalen a reglas generales de procesamiento que facilitan la solución de problemas, la invención y la creación artística.
4.- Personalidad: algunos rasgos de la personalidad pudiesen relacionarse con la creatividad, aunque nadie puede cambiar a voluntad sus rasgos de personalidad, sí puede reflexionar sobre los rasgos contradictorios que posea y que pudiesen obstaculizar su producción creativa.

Factores sociales:

1.- Control: el autocontrol, conseguido por la elección libre de tareas y de métodos para realizarlas, conduce a la creatividad.

2.- Recompensas: Las recompensas de diferente tipo, dadas ocasionalmente y de manera inesperada, suelen servir como fomento de la creatividad.

3.- Actuación en el trabajo: la creatividad puede ser fomentada si existe una orientación intrínseca al trabajo, y un alto nivel de libertad en el manejo del tiempo y los recursos.

4.- Clima de la organización o empresa: Es importante que en la empresa u organización haya un clima que conduzca a nuevas ideas, la flexibilidad de la estructura organizativa capaz de adaptarse a innovaciones, la existencia de procesos establecidos habitualmente para desarrollar ideas nuevas sobre los productos y el apoyo desde los altos niveles de la dirección a lo que signifique innovación.

5.- Grupos de trabajo: En los grupos de trabajo debe haber bajos niveles de vigilancia y de expectación de evaluación, lo que hará posible la generación de nuevas ideas en los individuos.

6.- Diferencias individuales: Aparecen respecto a la creatividad en la manera como los individuos reaccionan a las limitaciones extrínsecas a su trabajo.

Por su parte Aranda (1991), propone que la creatividad es una habilidad personal del individuo, por esta razón, no todos los seres humanos la tienen igualmente desarrollada. La existencia de variables intervinientes en el proceso creativo explica esta situación. Atendiendo al proceso creador el autor distingue factores cognitivos, afectivos y ambientales; en los cuales están basados la mayoría de los estudios y los programas de entrenamiento de la creatividad, los cuales se describen brevemente a continuación:

Factores cognitivos. Son aquellos que se relacionan con la captación y elaboración de la información. Los procesos cognitivos que se dan en el acto creativo tienen las siguientes características:

a. Percepción: Es el proceso de captación de la información tanto en el ámbito externo como en el ámbito interno. A través de la percepción el ser humano puede captar sus necesidades para luego satisfacerlas. Es en el acto perceptivo entonces, donde surge la posibilidad de producir. Para obtener una obra novedosa y creativa es indispensable tener los sentidos abiertos y dispuestos a recibir nueva información, sin anclarse a prejuicios y esquemas rígidos acerca de la realidad. Implica, además, tener la capacidad de reconocimiento y clasificación de problemas. Finalmente, se puede decir que a partir de la percepción se acumulan datos que serán el material del proceso creativo.

b. El proceso de elaboración: Este proceso posibilita conceptualizar y relacionar datos e ideas en un sistema que permita comprender y actuar sobre la realidad. El proceso de elaboración se da en la transacción del individuo y su ambiente particular, tal como es percibido por él. Este proceso, se caracteriza por ser multiasociativo, es decir, es posible contemplar simultáneamente datos diversos y antagónicos, permitiendo así que se asocien con máxima libertad, flexibilidad y riqueza, buscando nuevas organizaciones. Estas son las que permiten actuar sobre la realidad de manera creativa. Estos procesos de elaboración pueden verse desde diferentes perspectivas, tales como:

Estilos de pensamiento.
Habilidades de pensamiento.
Estrategias de pensamiento.

Factores Afectivos: En cuanto a los factores afectivos que influyen en la creatividad, se distinguen algunos elementos que aparecen como centrales para la movilización del potencial creativo:

a. *Apertura a la experiencia*: Se refiere al grado en que una persona está consciente del ambiente interno y externo como fuente de recursos e información útil. También se puede traducir en curiosidad e interés por el entorno. La apertura a la experiencia no solo implica comprometerse con un mayor número de experiencias, sino que alude a una forma peculiar de vivenciarlas. Esta estaría caracterizada por un momentáneo desprendimiento de esquemas conceptuales previos respecto de la vivencia. Dentro de este punto se pueden mencionar:

Apertura a la experiencia y canales sensoriales: Se refiere a la disposición afectiva para el uso de los diferentes canales sensoriales. Una gran cantidad de métodos para estimular la creatividad están orientados a favorecer la disposición de las personas a usar los diferentes sentidos.

Apertura a la experiencia y mundo interno: La apertura a la experiencia implica apertura al mundo externo tanto como el interno. Una persona capaz de percibir en una experiencia lo que sucede consigo misma, tiene mucha más información, y por lo tanto, es más probable que pueda establecer relaciones mejores y más originales.

Límites para la apertura: Abrirse a la experiencia implica abrirse a lo desconocido, algo frente a lo que no se sabe si se logrará control. Sin embrago, estar abierto a la experiencia implicaría como producto, una mejor integración de la persona, más autoconocimiento lo que le dará la sensación de confianza en sí mismo y en el medio. Verse enfrentado a experiencias nuevas promueve la ejercitación de mecanismos de enfrentamiento a situaciones desconocidas, así como también contribuye a disminuir la ansiedad ante lo nuevo. La novedad pasa a ser algo conocido, y por lo tanto no atemorizante.

b. Tolerancia a la ambigüedad: Se refiere a la capacidad para permanecer algún tiempo en situaciones confusas y no resueltas sin precipitarse por resolverlas forzando un cierre prematuro de la situación problemática. Tolerar la ambigüedad no implica permanecer en ella, y tampoco apunta a una experiencia caótica, indiscriminada sino que incluye una forma de ir asimilando la experiencia de manera ordenada sin forzar las respuestas.

c. Autoestima positiva: una buena autoestima supone aceptarse a sí mismo con lo positivo y lo negativo, con las debilidades y las fortalezas. De esta manera una persona que ha logrado un buen nivel de autoestima podrá lograr una buena comprensión de sí mismo, comodidad consigo mismo, seguridad y confianza, menor sensibilidad frente a la crítica y el fracaso, superar la culpa y el resentimiento, tendrá mayor confianza en sus percepciones. Por lo tanto la aceptación integrada de sí mismo permitirá una seguridad básica que es necesaria para abrirse a la experiencia y tolerar la ambigüedad lo que abre la posibilidad de arriesgarse en la innovación.

d. Voluntad de obra: Se refiere a la motivación por ver una obra o un problema concluido. Esta motivación tendría en la base un componente cognitivo, en el que se le asigna un valor a ciertas ideas o juicios acerca de lo positivo de concluir y cerrar etapas, terminar, obras, entre otras. Así como un componente afectivo dado por un gusto especial por ver un producto terminado y/o por exhibirlo.

e. Motivación a crear: La motivación a crear se refiere al impulso por crear, así como al interés, que a una persona puede provocarle, participar en tareas que impliquen resolver problemas cuyas soluciones se desconocen. Se ha observado que individuos creativos se muestran más motivados por las manifestaciones que no se pueden ordenar fácilmente, o las que presentan contradicciones desconcertantes.

Factores ambientales: Son las condiciones, terreno o clima que facilitan el desarrollo y la actualización del potencial creativo. Aun cuando, se puede ser creativo en un ambiente desfavorable, la creatividad puede ser estimulada por medio de la configuración favorable del ambiente físico y social. En general se plantea la necesidad de que un ambiente favorable entregue: confianza, seguridad y una valoración de las diferencias individuales.

Se ha observado que un ambiente social empático, autentico, congruente y aceptador, permite al individuo explorar en el mundo simbólico, arriesgarse, comprometerse y perder el temor a cometer errores. Por el contrario, la presión a la conformidad, la dicotomía entre trabajo y juego, así como la búsqueda de éxito como valor esencial, son las condiciones que bloquean el desarrollo de la creatividad.

Actitudes para la creatividad

González (2007), afirma que la creatividad no solamente implica una forma de pensar, sino también actitudes y factores de orden afectivo, por lo cual plantea una serie de actitudes que favorecen el desarrollo de la creatividad:

- *Apertura a la experiencia*, vale decir una disposición personal interna que amplía los límites de la conciencia, es una especial curiosidad por el entorno que se traduce en la búsqueda de instancias para explorarlo y conocerlo.
- *Apertura a la estética*, que se refiere al despliegue de los sentidos y a la voluntad para valorar la diversidad de tipos de expresión artística.
- *Apertura a los sentimientos*, que se traduce en el reconocimiento, comprensión y aceptación de las propias emociones y sentimientos.
- *Apertura a las acciones*, que se manifiesta en una múltiple cantidad de actividades, en la motivación, el esfuerzo y la energía para realizarlas.
- *Apertura a las ideas*, vale decir, una curiosidad intelectual que no rechaza a priori ninguna idea, sino que lo predisponen a examinar los asuntos tanto en lo teórico, práctico, estético y lo relacionado a los valores.
- *Tolerancia* y *paciencia activa,* son también importantes, hay problemas que no tienen una resolución rápida y se debe permanecer más tiempo del estimado ante una situación incierta cuya resolución no es visible.
- *Tolerancia a la frustración*, porque habrá múltiples errores en algunos de estos procesos, no se trata de una tolerancia resignada, sino de una especie de tolerancia lúcida, pues los riesgos e incertidumbres, hay que tolerarlos, pero los fracasos y errores hay que convertirlos en experiencia.

Fases de la acción creativa

Para Rodríguez (1998), una forma de aproximarse al fenómeno de la creatividad es a través de lo que se entiende como su proceso básico, a través del análisis de su trayectoria, definible mediante una serie de momentos o fases no-lineales capaces de indicar suficientemente cómo es su trayectoria dialéctica. Se refiere a la no-linealidad y la dialéctica de un modo meditado, no gratuito, basándose en el hecho de que esos momentos no terminan para dar paso al siguiente, sino que se encuentran en un permanente estado de interacción o confluencia, desde cuyo juego de predominancias se resuelve la evolución espiral del proceso. Podrían sintetizarse en cuatro fases, representables geométricamente como un tetraedro, cuyo interior equivaldría al área de cultivo (auto) formativo de la creatividad, y, por ende, posible espacio conceptual de la misma:

Disposición y potencial, fase preliminar y acondicionadora que favorece la futura utilización del aprendizaje, que se puede entender como: factor humano universal y cultivable, sensibilidad y sintonía con la naturaleza, forma de vida, ámbito de experiencia, motivación (tendencia a la curiosidad, actitud rompedora, deseo profundo, sentido social, condición de crecimiento, y otros), y formación (contenidos específicos y preparación instrumental).

Realización y proceso, o fase que se da como: divergencia, descubrimiento, relación, apertura, asombro, ideación, inspiración, inventiva, imaginación, modo de comprender, innovación, flexibilidad, estado de conciencia, estilo de generar y de producir.

Elaboración y cultivo: Tomas de decisiones, paciencia, dedicación, canalización de intencionalidad, laboriosidad, y metodología.

Evaluación: Toma de conciencia, percepción (conocimiento), visión-finalidad, alejamiento, valoración continua, autorregulación, relación, categorizaciones globales, redefinición-reorientaciones, síntesis, destrucción, desidentificación, análisis y cambios para la mejora.

Por su parte Goleman, Kaufman y Ray (1992), definen las siguientes fases:

Preparación: Es el momento en que la persona se sumerge en el problema, en busca de cualquier información que pueda ser relevante. La idea consiste en reunir una amplia gama de datos de modo que elementos insólitos e improbables puedan encajar unos con otros. En esta etapa es importante ser receptivo, poder escuchar abiertamente y bien. Los autores resaltan que un obstáculo a esta fase de preparación es el hecho de que la persona esté acostumbrada a hacer las cosas siempre de la misma manera.

Incubación: En esta etapa se procesa todo lo que se ha reunido. Mientras que la preparación exige un trabajo activo, la incubación es más pasiva. Es un estado en que mucho de lo que sucede se desarrolla fuera de la conciencia enfocada, es decir, en el inconsciente. En el inconsciente no existen juicios de autocensura; allí las ideas son libres de recombinarse con otras en esquemas nuevos y asociaciones impredecibles. Se manifiesta a través de la intuición.

Iluminación: La inmersión y el soñar despierto llevan a la iluminación, cuando de repente se le ocurre a la persona la respuesta como salida de la nada. Es un momento que la gente anhela y ansía. A esta fase también se le denomina insight.

Traducción: Traducir la iluminación en realidad convierte la gran idea en algo más que un simple pensamiento pasajero; la idea se vuelve útil para quien la piensa y para los demás.

Fases del proceso creativo y del proceso didáctico creativo

Torre (1995), aborda la creatividad como un proceso en el que se proyecta la persona en sus dimensiones - afectiva (ser), cognitiva (saber) y conativa o efectiva (hacer)-. Ser, saber y hacer vienen a ser como los tres planos (largo, alto y ancho) que permiten hablar de actividad formativa y creativa, estructurada en estas fases:

Problematizar una situación de enseñanza-aprendizaje: Es transformarla en problema fértil y despertar en el alumno la curiosidad intelectual (cognición), motivar (actitud) y buscar alternativas (ejecución), mediante inquietudes que antes no se planteaba. Es una fase de cuestionamiento y preparación que suele ir seguida de búsqueda. Suele iniciarse con la toma de conciencia de alguna situación problemática, insatisfactoria, una tensión interna, una realidad mejorable o como necesidad de expresar el propio pensamiento. La clave de esta fase es la interrogación.

Climatizar la comunicación didáctica: Es buscar respuesta a sus preguntas. Así como en la incubación el estudiante se distancia o despreocupa aparentemente, posibilitando asociaciones ricas, en la didáctica se trata de definir los puntos más relevantes y dejar al alumno que indague, que busque, se comunique y recoja información relacionada con el problema o tema a estudiar. En esta fase el papel del profesor no es informativo, sino creador de un clima de comunicación y confianza que favorezca la búsqueda y la consulta de información para obtener la mayor cantidad de ella, venga de donde venga. En esta fase de atención se agudiza la receptividad hacia fuentes que en otro caso se hubiesen pasado por alto.

Estimular la comunicación didáctica: Esta fase se corresponde con la iluminación o combustión. En ella el profesor fomenta la ideación para favorecer la implicación en el aprendizaje y la realización de tareas, y aplaza el juicio crítico sobre lo expresado. Siendo lo natural que aparezcan errores y fallos, el profesor encuentra oportunidades para aprender de los errores, hacer pensar, introduciendo dudas sobre los resultados, formulando preguntas de carácter mayéutico, sugiriendo nuevas vías o alternativas, entre otras. Es preciso evitar dos conductas docentes que anulan esta fase: 1) Dar la respuesta directa, que suplantaría el aprendizaje, y 2) Evaluar (estimar) las respuestas, porque finiquitaría esta fase.

Estimar las ideas o realizaciones del alumno: Se corresponde con la fase de verificación en el proceso creativo. Estimar tiene que ver con reconocer, apreciar y considerar, implica apoyo y acercamiento afectivo al sujeto y valoración de su esfuerzo y sus realizaciones. Más concretamente, la estimación didáctica creativa debiera considerar el ajuste de la respuesta, la novedad, la variedad y la síntesis personal desde un punto de vista orientador y formativo. Desde el punto de vista de la creatividad, es un error destacar lo negativo, como es habitual en la enseñanza.

En síntesis, la interrogación es una poderosa estrategia para estimular la conciencia de quienes están desmotivados. Casi en simultáneo es preciso disponer de un clima que dé seguridad, que elimine las inhibiciones y fomente la libre expresión. En la estimulación se puede recurrir a diferentes estrategias, técnicas y tácticas que faciliten el autoaprendizaje. Cerrando cada ciclo se tiene la estimación y valoración de los aportes o respuestas, recogiendo pros y contras, aspectos positivos y negativos. Cualquier problema mal resuelto, redacción deficiente o examen mal contestado cuenta, entre sus posibles errores, con algún acierto que reconocer.

Orientar las siguientes actuaciones: Sería el equivalente en el proceso creativo a difundir, ejecutar o comunicar el producto, y también reflexionar para una mejora futura. Se deriva de la necesidad de modificar aspectos mejorables reorientando al alumno y la propia metodología, o bien de animar y reforzar las actuaciones precedentes para volcarlas nuevamente sobre la interrogación problematizadora. Así, el proceso didáctico creativo define una espiral que confronta lo conocido con lo nuevo, como desequilibrio óptimo.

Enseñanza Creativa

Una de las exigencias de la sociedad es que haya creatividad en la educación. En este sentido, las instituciones educativas juegan un papel primordial en la estimulación de la creatividad, en generar ambientes propicios para el aprendizaje creativo y la formación de docentes creativos.

Para Sequera (2007) La enseñanza creativa es aquella caracterizada por:

> Rasgos atribuibles a la creatividad, es de naturaleza flexible y adaptativa, hay predominio de metodologías indirectas, orientada al desarrollo de habilidades cognitivas, imaginativa y motivante, fomenta la combinación de materiales e ideas, favorece la relación del docente y el discente, atiende a los procesos sin descuidar los resultados…(p.56)

Por lo que es imperante la necesidad de propiciar el nacimiento de nuevos paradigmas que permitan incluir distintas metodologías para dar paso a todas estas relaciones, que desencadenan la creatividad en el aula de clases.

La enseñanza creativa centra especialmente su interés en el modo de pensar y actuar peculiar de cada individuo. Cualquier actividad de la clase permite la libertad de pensamiento y la comunicación estimulante de la creatividad. Si el ambiente del aula de clases es atractivo y generador de ideas y recursos, el estudiante se sentirá libre para ser, pensar, sentir y experimentar a su modo, sabiendo de antemano que se lo acepta como es y que se valorará su contribución.

Los discentes que realizan una tarea en forma creativa, aportan sus experiencias, percepciones y descubrimientos y sus logros tendrán una definida relación con sus personalidades. Así, su producto creativo se transforma en una clave para entenderlo mejor.

Educar en la creatividad, es educar para el cambio y formar personas ricas en originalidad, flexibilidad, visión futura, iniciativa, confianza, amante de los riesgos y listas para afrontar los obstáculos y problemas que se les van presentando en su vida escolar y cotidiana.

La creatividad puede ser desarrollada a través del proceso educativo, favoreciendo potencialidades y consiguiendo una mejor utilización de los recursos individuales y grupales dentro del proceso enseñanza-aprendizaje.

Una educación creativa es una educación desarrolladora y autorrealizadora, en la cual no solamente resulta valioso el aprendizaje de nuevas habilidades y estrategias de trabajo, sino también el aprendizaje de una serie de actitudes que en determinados momentos aumentan las cualidades psicológicas para ser creativos o para permitir que otros lo sean.

Para enseñar creativamente, hay que empezar por reconocer que todas las personas tienen por dentro una creatividad escondida, que quieren explorarla. Para esto hay distintos pasos que se deben seguir:

1. Entender la naturaleza de la creatividad
2. Practicar la propia creatividad
3. Usar estrategias de enseñanza que nutran en los estudiantes la creatividad.

Hasta el momento la educación ha ido encaminada a la posesión de conocimiento y la enseñanza ha sido transmisiva (Carevic, 2005). Hoy, sin embargo, está demostrado que la enseñanza y el aprendizaje constructivos orientados a la creatividad, a la larga, permiten que el sujeto obtenga resultados superiores a los otros, incluso en el orden académico. Por esto, se puede decir que la creatividad además de ayudar a los alumnos en la solución de conflictos, a ampliar su pensamiento lo ayuda también académicamente y así queda aún más demostrada la importancia que tiene la creatividad en el mejoramiento del desarrollo de los niños en el sistema educacional.

Según la autora, educar en la creatividad implica partir de la idea de que ésta no se enseña de manera directa, sino que propicia y que para esto es necesario tomar en cuenta las siguientes sugerencias:

- Aprender a tolerar la ambigüedad e incertidumbre: los profesores deben darle espacio a los estudiantes para pensar sobre una situación problemática que se presente (ambigüedad) y además deben crear un clima donde el conocimiento que se dé no sea inmutable y estático (incertidumbre).
- Favorecer la voluntad para superar obstáculos y perseverar.
- Desarrollar confianza en sí mismo y en sus convicciones.
- Propiciar una cultura de trabajo para el desarrollo de un pensamiento creativo y reflexivo.
- Invitar al alumno a trascender el presente con un proyecto futuro.
- Aprender a confiar en lo potencial y no sólo en lo real.
- Vencer el temor al ridículo y a cometer errores.
- La autoridad para validar el conocimiento debe partir de un proceso social, dialógico y creativo.
- Cuando se propicia un clima creativo, la motivación intrínseca y la de logro deben estar presentes.
- Contextualización del conocimiento y las habilidades de pensamiento crítico y creativo.

- Las necesidades fundamentales del alumno están relacionadas con enseñarle a pensar creativa y reflexivamente, o sea, a pensar de manera excelente.
- El pensar de forma creativa y reflexiva por parte del alumno puede darse una vez de forma verbal del profesor hacia los alumnos.
- Convertir las salas de clases en espacios para asombrarlos, experimentar e investigar.
- Los estudiantes necesitan tratarse como personas, es decir, tener una buena comunicación cuando estén creando o pensando.
- El cuestionamiento es un indicador excelente para hablar de que se está trabajando el pensamiento creativo y crítico.
- Unidad de lo cognoscitivo y lo afectivo en cada sesión de atmósfera creativa.

Requisitos de una enseñanza para la creatividad

Según Seltzer y Bentley (2000) la enseñanza para la creatividad incluye algunos requisitos relevantes:

Clima social del aula y seguridad emocional: La didáctica de la creatividad comienza con la preparación y el desarrollo progresivo de una base comunicativa de cordialidad, confianza, respeto, mutua admiración (mutua autoridad docente y discente), sosiego, seriedad comprometida y objetivos, procedimientos y criterios compartidos entre el profesor y los alumnos. Con un buen clima social del aula, los procesos creativos emergerán de un modo más fácil y evolucionarán más naturalmente y con mayor fluidez y calidad, "…la comunicación creativa es un acto en el que parte de la intimidad y de la fragilidad (autoestima) se intercambian en primer plano…" (ob. Cit. p. 67). Con un clima de relaciones frío o de desconfianza, la creatividad (procesos de intimidad) no se logra.

A partir de un buen clima de relaciones, la creatividad tiene más posibilidades de desarrollarse, en general, en un marco funcional próximo al dejar hacer al alumno, desde una suficiente variedad metodológica, en la que se integren armónicamente procesos y resultados de aprendizaje por recepción, por descubrimiento, de planteamiento y resolución de problemas, trabajos autónomos individuales y por equipos, entre otros.

Se ha notado que, hay alumnos en los cuales el surgimiento de la creatividad no parece estar relacionado con la metodología, sino con el profesor concreto y a sus características. Tal es el caso de algunos alumnos cuyo máximo desarrollo creativo se ha dado con profesores cuyo discurso docente predominante era expositivo y directivo, si bien compatible y estimulador de la creatividad, mediante un discurso adecuado al nivel del alumno, verbalmente rico e impecable, profundo, relacionante, empático, respetuoso, comunicador de más inquietud por el conocimiento que contenidos finiquitos, y a la vez didácticamente exigente.

Cultivo expreso del "componente n+1" o del "tercer elemento": Un poco más allá de las seguridades personales y del clima del aula está esta referencia. Si en el aula hay veinticinco alumnos, más el profesor, veintiséis, el elemento "*n+1*" aludiría al veintisiete, que puede equivaler al grupo-clase, a la calidad de la interacción, entre otros. También se refiere a las intenciones, procesos, técnicas y desarrollos que surgen como consecuencia de unas relaciones didácticas adecuadas en el aula. El afecto colectivo, la cohesión grupal, la autoestima general, el conocimiento compartido, la comunicación entre todos, los proyectos didácticos conjuntos, el futuro formativo de todos, y otros.

El tercer elemento, después del primero: docente y el segundo: alumnos, es equivalente al elemento "*n+1*". En el aula, su atención apunta al cuidado cooperativo y a la conciencia de todos sobre esa entidad que eventualmente puede ser más importante que sus componentes, y consecuentemente a la armonía entre instrucción, orientación didáctica y cultura social y personal. Su consideración y mejora previene y minimiza problemas de indisciplina, etiquetajes docentes y maximiza el bienestar didáctico, los procesos democráticos y las condiciones de la formación, presencial y no presencial.

Liderazgo docente: La relación profesor-alumno es, por definición, asimétrica. Es esta condición la que permite nivelaciones hacia un liderazgo más democrático o inversiones hacia un liderazgo más permisivo. Está suficientemente comprobado que el liderazgo didáctico favorecedor de la enseñanza creativa es el democrático, bien entendido que los liderazgos no son estáticos y que pueden fluctuar y cambiar. Un liderazgo democrático suele asociar una mayor autoridad docente que un liderazgo autoritario (en el que lo predominante es el poder posible) o el permisivo (en el que la característica es un dejar hacer). La autoridad docente, comprendida como capacidad de influencia, capacidad de liderazgo de hecho o admiración producida facilita el desarrollo de procesos creativos.

Así mismo, tiende a ocurrir que el conjunto de experiencias didácticas creativas y formativas refuerzan aquella autoridad y predisponen mejor para emprender procesos más complejos y ricos.

Características de una enseñanza que favorezca la creatividad

Una enseñanza abierta que favorezca la creatividad se desarrollará sobre todos sus conceptos parciales e indicadores de creatividad desde una perspectiva compleja. Desde esta condición, se puede desarrollar, como fundamento de una Didáctica de la creatividad, una dialéctica entre enseñanza basada en contenidos versus enseñanza basada en conocimientos, Rodríguez (2000) define tres clases de comunicación didáctica:

Basada en contenidos: Orientada a su adquisición o a su dominio impersonal o social, con independencia de que se trate de conceptos, procedimientos, actitudes o sentimientos. Por tanto, es espontáneamente convergente.

Basada en conocimiento: Orientada al desarrollo personalizado de conocimientos. Por tanto, pone la convergencia en función de la divergencia.

Basada en conciencia: Orientada a la plenitud personal, desde el descubrimiento creativo de la verdadera naturaleza de cada ser humano por la autoconciencia. Por tanto, no permanece en la convergencia ni en la divergencia.

Mentalidades docentes desde la creatividad

Herrán (2006), propone una serie de mentalidades que pueden asociarse a "estados de conciencia" aplicados al desarrollo personal y profesional del docente desde la creatividad. Pueden traducirse en diferentes modos de interpretar su enseñanza. El compromiso didáctico es un constructo relevante para lo que se investiga, porque según el autor, el factor que más influye en el aprendizaje y la creatividad para la formación de los alumnos es la actuación docente.

Así pues, por lo que respecta a la enseñanza de la creatividad, plantea diferentes mentalidades docentes, que actúan como causa y consecuencia de compromiso con la enseñanza de la creatividad:

Mentalidad rancia: Es la del profesor ignorante e indiferente a la creatividad. Suele darse en docentes con baja formación o inquietud pedagógica, escasa voluntad de trabajo en este sentido y/o integrados en centros con fuerte condicionamiento conservador. Su práctica está amparada por herencias (de profesores anteriores) o estilos (de centros), cuyo verdadero interés por el desarrollo de una didáctica innovadora brilla por su ausencia. En estos profesores y centros se suele primar otros centros de gravedad didácticos, como la memoria, en el sentido político de incorporar lo predeterminado y no se desea cambiar (ideario, ideología, doctrina, entre otros). Su predominio en un centro deja en evidencia a minorías innovadoras, cuyo desarrollo a contracorriente no resulta fácil.

Mentalidad natural-directa: Es la del profesor que ignora pero que está abierto a la creatividad de sus alumnos. Por el hecho de que la creatividad satura el pensamiento y el conocimiento, esporádicamente se encuentra con ella, la intuye, reconoce y disfruta espontáneamente. Enriquece su acervo didáctico por ensayo y acierto. Puede ser un profesor con un buen grado de desarrollo profesional y personal, pero con una laguna formativa en didáctica de la creatividad.

Mentalidad superficial-inhibida: Es la del profesor que sabe de creatividad pero cuya creatividad personal está bloqueada, tapada o negada. Su comunicación didáctica aplicada a la creatividad puede ser rígida. La característica que más destaca es la incoherencia didáctica, distancia entre su decir, planificado, dialogado y prometido, y su hacer, vivido por alumnos y compañeros.

Mentalidad egocéntrica-narcisista: Es la de quien tiene como destino básico su propia satisfacción, autoestima, aprecio y desarrollo profesional insensible, desde sí y para sí. Aunque todos los ojos puedan percibir un profesional excelente, su egocentrismo le lleva a colocarse de forma invisible, como un agujero negro o un sumidero en el centro de la comunicación didáctica. Desde ese centro, la percibe con distorsión, falta de empatía, motivación por la formación disminuida, creatividad de los alumnos en segundo plano, saturación de la creatividad del alumno, eventual superficialidad técnica, ausencia de autoevaluación, y otras. Pueden saber de creatividad e incluso llevar a la práctica multitud de técnicas creativas, pero adolecen de madurez didáctica. La raíz de su problema no radica en su saber hacer, sino en su infantilismo adulto.

Mentalidad efectiva-productiva: Es la del profesor que entiende que una finalidad de la comunicación didáctica es el logro de aprendizajes significativos o relevantes, y que un modo privilegiado de conseguirlo es a través del aprendizaje creativo. Al colocar la finalidad didáctica sólo en el aprendizaje, se queda a mitad de camino, porque no cuestiona el hecho de que no todo aprendizaje significativo es formativo.

Mentalidad investigadora-innovadora: Es la del docente que está abierto a la reflexión e investigación sobre su práctica y a la innovación y el cambio creativos, basados en la investigación didáctica y organizativa y la mejora. Suele comprender la colaboración con su entorno profesional cercano (equipos docentes) como sustrato necesario. Un docente con esta mentalidad contribuye a que su centro docente gane en coherencia con respecto a lo que en la comunicación didáctica al nivel de aula se puede realizar, y puede vincular estrechamente la práctica innovadora dentro y fuera del aula con su desarrollo personal y profesional.

Mentalidad social: Es la de quien normalmente incluye en sus premisas y anhelos formativos el factor social, tanto relativo a sus problemas (esquemas, automatismos, presiones, injusticias) como a sus factores de progreso o desarrollo. Suele incluir una orientación crítica y política, que en los casos más desarrollados lleva al compromiso social y activo de la persona. Cuando comparte su mentalidad con compañeros afines, puede desarrollar proyectos y realizaciones didácticas de un marcado carácter reconstructivo, y por ende creador y evolutivo.

Mentalidad formativa: Es la del docente que desarrolla la comunicación didáctica y la creatividad para la evolución personal y colectiva, incluso planteándose superiores estados de conciencia como finalidad educativa. No lo pretende mediante aprendizajes significativos, sino mediante procesos paralelos de experiencia, disolución de los propios condicionamientos, descubrimiento actualizado de sí mismo y transformación profunda y creativa. Su enseñanza se basa en una pretensión de la autoconciencia como pretensión educativa, un entendimiento avanzado del respeto didáctico, mayor empatía con el proceso formativo de los alumnos, tacto didáctico, enseñanza inacabada, enseñanza metafórica y retirada a tiempo para que el alumno se forme y culmine.

Aunque ningún profesor lo sea en sentido estricto, sobre todo este docente no es un mediador entre la sociedad y el aprendizaje discente: es un creador, porque experimenta el hecho de que toda acción docente es una acción creativa. Enseña coherencia, lucidez y madurez personal desde el ejemplo, y muestra a sus alumnos lo que la creatividad es, poniéndola en función de la (auto) educación de la razón.

Grados de compromiso del docente con la creatividad

Como podría ocurrir con la enseñanza o con la formación, y por extensión con cualquier tema, enfoque o capacidad educativa deseable, según Herrán (2008) cabrían diferenciarse varios niveles de comprensión y experiencia de la creatividad, con los que un docente podría identificarse. Agregando además que cabe la posibilidad de identificarse con más de uno a la vez:

Nivel egocéntrico: Vivir de la creatividad, el profesor se aprovecha de la creatividad y la parasita, le saca todo el partido que puede, pensando sólo en su propio interés y beneficio. De ella obtiene réditos: justificaciones, dinero, prestigio, consideración, autoestima, categoría profesional, y otros.

Nivel superficial: Saber de creatividad, el docente se relaciona con la creatividad desde un nivel epistemológico del que se ocupa enseñando o investigando. Es un grado de parasitismo más sutil, donde el sujeto no muerde como el vampiro, sino que sorbe eventualmente "con pajita". Si la motivación profunda es la compensación, su mensaje se caracterizará (disfrazará) con la incoherencia.

Nivel vital: Vivir la creatividad, la creatividad es una fuente subjetiva y experimental de sentimiento y experiencia emocional y cognoscitiva que no puedo separar de la forma de ser, sentir, pensar y actuar.

Nivel profesional: Practicar la creatividad, la creatividad se lleva a la acción y la expresión profesionales. Admite dos subniveles: 1) Necesidad profesional: El de quien trabaja y explota a la creatividad laboralmente para sobrevivir, porque su profesión consiste en esto. 2) Desarrollo profesional: El de quien la incluye en su ámbito profesional para mejorar personal y profesionalmente.

Nivel maduro: Emplear la creatividad para la evolución personal y social, la creatividad es un recurso para construirse, crearse y evolucionar personalmente, y para contribuir consciente y cooperativamente a la construcción de la humanidad. Este grado de compromiso evolutivo, al que Herrán (2000) denomina "creatividad total", es el más afín a la formación. En buena lógica, podría madurarse y hacerse más presente en la educación formal, no formal e informal.

Concepciones de creatividad de los docentes

Higginson (citado por Sequera, 2007), realizó un estudio, en el cual describe cuatro concepciones de la creatividad que usan profesores de matemáticas:

- Concepción 1: Creatividad como novedad; el profesor intenta introducir conceptos por caminos que son diferentes, innovadores o inusuales. Sin embargo existe a veces el peligro de superficialidad, el sacrificar la profundidad por la diversión.
- Concepción 2: Creatividad como construcción de artefactos físicos; el profesor intenta hacer que emerjan ideas matemáticas de la construcción de objetos físicos.
- Concepción 3: Creatividad como construcción de artefactos simbólicos; el docente intenta hacer que surjan ideas matemáticas del desarrollo del sistema de símbolos.
- Concepción 4: Creatividad como personalización/humanización; el profesor intenta estructurar el medio ambiente de aprendizaje de modo que los estudiantes tengan la máxima oportunidad de seguir sus propias interpretaciones de una idea matemática básica, alienta a los estudiantes a individualizar sus aproximaciones a las tareas.

Es probable que en la práctica, los docentes utilicen una mezcla de estas concepciones y quizás muchas otras.

Características del profesor creativo

Rodríguez Estrada (2000) ha referido como características propias del profesor creativo las siguientes:

- Positiva valoración de su trabajo.
- Búsqueda de nuevas estrategias didácticas.
- Confianza individual y colectiva en sus alumnos.
- Tendencia a tomar decisiones contando con sus alumnos.
- Empatía con los alumnos.
- Habilidades comunicativas no verbales.
- Apoyo a sus alumnos.
- Fiabilidad en momentos de confusión o incertidumbre.
- Flexibilidad ante los cambios.

Por su parte Torre (1995) caracteriza al maestro creativo como aquel que:

- Promueve el aprendizaje por descubrimiento, un aprendizaje autoinducido.
- Incita a un sobreaprendizaje y a la autodisciplina, pretendiendo que el alumno encuentre satisfacción en el trabajo que requieren sus descubrimientos.
- Estimula los procesos intelectuales creativos. Los alumnos deben ser activos, encontrar problemas, experimentar y plantear hipótesis.
- Promueve la flexibilidad intelectual y la divergencia de juicios.
- Induce a la autoevaluación del propio rendimiento.
- Ayuda a ser más sensible al alumno.
- Incita con preguntas divergentes.
- Aproxima a la realidad y manejo de las cosas.
- Ayuda a superar los fracasos.
- Induce a percibir estructuras totales.
- Adoptan una actitud democrática más que autoritaria, practicando un estilo participativo.

Entre tanto, Torre y Violant (2001) aseguran que el docente creativo posee unas características en las tres dimensiones presentes en educación: “ser”, “saber” y “hacer”:

Dimensión “ser” (actitudes flexibles): Posee una disposición flexible hacia las personas, las decisiones y los acontecimientos; no sólo tolera los cambios sino que está abierto a ellos más que otras personas. Es receptivo a ideas y sugerencias de otros, ya sean superiores, compañeros o inferiores. Valora el hecho diferencial. Se adapta fácilmente a lo nuevo sin ofrecer excesivas resistencias. Se implica en proyectos de innovación.

Dimensión “saber” (dominio de los contenidos): Su percepción cognoscitiva es rica en matices. No se queda con la idea general. Relaciona fácilmente un hecho con otros. En esta misma línea incluye facilidad para integrar y evocar experiencias. No se contenta con que sus alumnos aprendan lo que han oído o estudiado: conoce y aplica técnicas orientadas a la ideación y la creatividad de sus estudiantes.

Dimensión “hacer” (adaptación a los destinatarios, habilidad didáctica): Induce a los estudiantes a que sean sensibles a los problemas. Promueve el aprendizaje por descubrimiento. Crea un clima de seguridad y fácil comunicación entre las personas. Incita al sobreaprendizaje y la autodisciplina. Aplaza el juicio crítico cuando se están exponiendo ideas. Estimula procesos divergentes. Formula e incita a realizar preguntas divergentes. Aplica técnicas creativas. Estas actitudes son claves para generar climas de autoaprendizaje y de implicación espontánea y colaborativa.

En síntesis, el docente innovador y creativo entusiasma a los estudiantes y les lleva al autoaprendizaje, logrando que dediquen más tiempo a su formación. Sus discentes disfrutan aprendiendo porque hacen aportaciones personales, crean o recrean los aprendizajes, y experimentan reconocimiento externo y satisfacción interna. Su creatividad deja huella, y se recuerda pasado el tiempo, porque ha transmitido mucho más que información.

Tareas docentes que propician la actividad creadora

Arteaga (2002) define la tarea creativa como:

> ...aquel tipo de tarea docente que refleja íntegramente la actividad creadora del sujeto que aprende, encaminada a detectar y formular un nuevo problema docente, resolver un problema dado sobre la base de conocimientos y razonamientos determinados, que en ocasiones implica la búsqueda de nuevos modos de acción, o a buscar nuevas soluciones a problemas ya conocidos. (p. 9)

La tarea creativa no sólo está dirigida a que el estudiante descubra la esencia de los nuevos conceptos y relaciones, así como, los procedimientos o modos de actuación para solucionar las tareas particulares de una misma clase. Este tipo de tarea docente también tiene como objetivo detectar y formular nuevos problemas, y buscar nuevas alternativas de solución a problemas cuya solución ya es conocida.

Las tareas creativas según Arteaga (2002) se pueden clasificar en tres grandes grupos:

1.- Tareas dirigidas a la identificación y formulación de nuevos problemas docentes: tienen como característica principal que ellas no pueden ser resueltas empleando los conocimientos y habilidades que posee el estudiante, pues en sus estructuras cognoscitivas y operacionales no hay ni conocimientos, ni modos de actuación conocidos que le permitan resolverlas exitosamente. El objetivo de estas tareas es que los alumnos identifiquen el problema que hay que resolver y puedan enunciarlo o formularlo.

2.- Tareas dirigidas a la búsqueda de nuevos conocimientos y/o procedimientos de solución: son las que permiten al estudiante adquirir mediante la investigación o descubrimientos los nuevos conocimientos. Estas se ejecutan para solucionar el problema que se formuló en la fase inicial de la actividad.

3.- Tareas dirigidas a la aplicación creadora de los conocimientos y habilidades adquiridas: exigen el más alto nivel de creatividad, pertenecen a este grupo los llamados ejercicios portadores de nueva información, este tipo de tareas aportan nuevos conocimientos.

Es importante señalar que en el diseño de las tareas creativas, hay que tener en cuenta: los objetivos de enseñanza, los objetivos específicos del trabajo independiente creativo, el contenido de la asignatura, las motivaciones, intereses, actitudes, posibilidades reales de los alumnos, las consideraciones realizadas sobre su tipología y los principios para la utilización del trabajo independiente creativo.

Creatividad en matemática

A través de un famoso ejemplo de Historia de la Matemática se puede ilustrar cómo existen relaciones entre la creatividad y la matemática. Efectivamente, quizás una de las historias de matemáticos que más ha impactado en la mente de la gente, y además es conocida por personas cuyo interés no son las matemáticas, es la de Arquímedes gritando: ¡Eureka! Cuentan que salió desnudo de baño a la calle, para describir cómo había trabajado para determinar el volumen de la base de metal de la corona de Herón.

Lo que se recuerda más claramente en cualquiera de las versiones de la historia, es el sentido del descubrimiento, la captura del espíritu de la creatividad en la palabra “Eureka”; es una de las pocas palabras cuyo origen está en la historia de la matemática y que ha encontrado un lugar en el lenguaje. En la conversación ordinaria, si alguien dice ¡Eureka!, sus oyentes saben inmediatamente que se ha producido algún descubrimiento.

Los estudios sobre creatividad y matemática no suelen ser numerosos, al parecer muchos matemáticos no prestan mayor atención al análisis de sus propios procedimientos de pensar y no describen cómo trabajan o construyen sus teorías, sólo unos pocos como Poincaré y Hadamard (citados por Sequera, 2007), llegaron a describir explícitamente las ideas relacionadas con la creatividad matemática; de hecho, convencionalmente en las publicaciones científicas, por lo general se muestran los resultados y muy poco los procesos creativos que los han producido.

La exposición de Poincaré en 1908 (ob. Cit.) podría decirse que es hasta ahora el intento más famoso de descripción de lo que sucede en la mente de un matemático. Entre otras consideraciones, Poincaré (1908, ob. cit.) sostenía que la intuición del orden matemático que hace adivinar las armonías y las relaciones ocultas, no puede pertenecer a todo el mundo. A lo largo de su discurso insistió en que sólo aquel que disponga de una sensibilidad estética especial puede ser un verdadero inventor.

Además afirma que la invención matemática consiste precisamente en no construir combinaciones inútiles sino sólo las que puedan ser útiles, que no son más que una infinita minoría. Según esto, los elementos están armoniosamente dispuestos, de manera tal que el matemático pueda sin esfuerzo abarcar todo el conjunto penetrando en los detalles.

El autor (citado por Sequera, 2007) describe el proceso de creación matemática a través de los mecanismos del consciente y del inconsciente:

> Lo que sorprenderá primero son estas apariencias de iluminación súbita, signo manifiesto de un largo trabajo inconsciente anterior; el papel de este trabajo inconsciente en la invención matemática me parece indudable y se hallarán huellas en otros casos donde es menos evidente. A menudo, cuando se trabaja en una cuestión no se hace nada bueno la primera vez que se pone uno a trabajar; tras de esto, se toma uno un reposo más o menos largo y vuelve a sentarse a trabajar delante de su mesa. Durante la primera media hora se continúa no encontrando nada y después, de golpe, la idea decisiva se presenta a la mente. Se podría decir que el trabajo consciente ha sido más fructífero, puesto que ha sido interrumpido y el reposo ha devuelto al espíritu su fuerza y su frescor. Pero es más posible que este reposo haya sido reemplazado por un trabajo inconsciente y que el resultado de este trabajo se haya revelado enseguida… (p. 26)

Apoyando la idea expresada por Poincaré, se puede afirmar que la creatividad matemática no se da en sólo un momento, sino que debe darse un espacio para permitir que la idea se forje, transitando desde el consciente y consolidándose en el inconsciente.

Por su parte Ervynck (1991) ha hecho una descripción de la naturaleza de la creatividad matemática y cómo funciona. El autor parte de una observación detallada de las diferentes clases de actividad matemática y deduce algunas características del fenómeno dando una definición provisional:

> La creatividad matemática es la capacidad para resolver problemas y/o desarrollar el pensamiento en estructuras, teniendo en cuenta la peculiar naturaleza lógico-deductiva de la disciplina y la adecuación de los conceptos generales a lo que es importante en matemáticas. (p. 47)

Según este autor, la creatividad desempeña un papel importante en el pensamiento matemático avanzado porque está presente en las primeras etapas de desarrollo de una teoría matemática. Explica que la creatividad matemática no ocurre en el vacío, sino que necesita un contexto que incluye una preparación del individuo y unas experiencias previas.

Describe cinco ingredientes de la creatividad matemática: el estudio, la intuición, la imaginación, la inspiración y los resultados. El estudio consiste en el esfuerzo que se hace en familiarizarse con el problema, lo que crea en la mente estructuras conceptuales que contienen el potencial creativo para la creatividad matemática. La intuición es el producto de la acción de esas estructuras conceptuales sobre datos nuevos. A su vez, las intuiciones pueden llevar a la imaginación y a la inspiración a que formulen los resultados requeridos, al principio de una forma imperfecta pero luego mejorada por reflexión en el orden formal deductivo.

En su descripción, Ervynck (1991) explica lo que considera las características de la creatividad matemática, que denomina de relación, selectiva, idoneidad y condensación, descritas brevemente a continuación:

- De relación: Se estimula a través de la interacción y establece una relación conceptual entre dos o más conceptos, de modo que surge una nueva idea que integra diferentes aspectos de los conceptos iniciales en uno solo.
- Selectiva: La creatividad matemática actúa como la mutación cuando una cadena de ideas produce una reestructuración, quizás en un único punto. Entre todas las reestructuraciones, algunas son útiles y otras no. Algunas sobreviven y otras son eliminadas aunque sean completamente correctas desde el punto de vista formal.
- Idoneidad: Este es un criterio cualificativo para medir el valor de las definiciones, teoremas y conjuntos de axiomas en matemática.
- Condensación: La creatividad matemática tiene la capacidad de elegir la formulación y el simbolismo apropiados para la representación de los conceptos matemáticos. La importancia de la representación matemática no puede ser subestimada. La creatividad matemática debe conducir a nuevas formas de manejar la complejidad de las relaciones entre conceptos. Esto lo hace incluyendo nuevas estructuras en objetos individuales que son más fáciles de manipular mentalmente.

Finalmente, en su disertación, Ervynck (1991) se refiere a la fiabilidad de la creatividad matemática y a sus consecuencias en la enseñanza, al respeto señala que:

> Una característica importante de la creatividad matemática que la distingue de las cualidades generalmente aceptadas de una teoría matemática es que a veces falla. Poner juntas nuevas ideas de forma que se pruebe que son brillantes, puede conducir a un error. No hay garantía de que los problemas se formulen correctamente, o que dichos teoremas estén acompañados de la demostración correcta… Según la opinión de Lakatos (1976), las matemáticas no funcionan haciendo avances pasito a pasito en una dirección predeterminada, sino de una manera más errática. El pensamiento matemático, en oposición a la reflexiva organización de lo matemáticamente establecido, es una actividad creativa que contiene la posibilidad del error humano. De hecho, es justamente esta posibilidad de error lo que produce los mayores avances en tales momentos del espíritu humano. (p. 52)

La fiabilidad de la creatividad matemática es algo que a los estudiantes les cuesta aceptar. Los discentes a menudo tienen la impresión de que, en matemáticas, todo es lógico, cierto, preciso, demostrable y explicable, pero según afirma este autor, la creatividad matemática no es ninguna de ellas.

La creatividad y la enseñanza de la matemática

El desarrollo de la creatividad se impone como alternativa de cambio en el campo educacional, es necesario preparar al hombre para la vida, esto implica un cambio de actitud, no sólo en los estudiantes sino en los profesores. Desarrollar la creatividad es una expresión que no corresponde sólo al aprendizaje de los alumnos, sino también, y de forma sobresaliente al trabajo de los profesores.

Para ello resulta importante establecer una adecuada interrelación entre las actividades de los docentes y los estudiantes, teniendo como objetivo relacionar al alumno con la ciencia y fomentar su pensamiento independiente, así como lo afirma Martí (citado por Reyes, 2003) el primer deber del hombre de estos días es ser un hombre de su tiempo, no aplicar teorías ajenas sino descubrir las propias.

En el caso particular de la enseñanza de la matemática, la aplicación de la creatividad debe hacer énfasis en contagiar de entusiasmo a los estudiantes, de modo que se sientan motivados a descubrir por sus propios medios los principios y teoremas de la matemática, así también fomentar su capacidad de asombro y la actitud de preguntarse el porqué de las cosas, así como la búsqueda sistemática de las respuestas.

El perfil del alumno no debe basarse en necesidades y objetivos perentorios, sino en programas de enseñanza dirigidos al desarrollo de la creatividad, así que los objetivos de la educación deben ser flexibles e incluir numerosas posibilidades optativas, pues"…para que el individuo sea creador, debe dejársele formular sus propias hipótesis y conclusiones, aunque éstas sean erróneas; hay que darle la oportunidad de que él mismo lo compruebe…" (ob. Cit. p. 14)

La complejidad de la matemática y la educación, sugiere que los profesores de esta ciencia deben permanecer constantemente atentos y abiertos a los cambios que la situación mundial exige, pues la educación como todo sistema presenta una fuerte resistencia al cambio. Los profesores de matemática deben percatarse de la importancia que puede tener un cambio efectivo en la percepción de lo que la matemática es en la realidad.

La matemática orientada como saber hacer autónomo, bajo una guía adecuada, es un ejercicio atrayente; los jóvenes pueden ser introducidos de forma agradable en actividades que constituyan el inicio razonable del conocimiento matemático, tratando de mantener ese interés y no ahogarlo en abstracciones inmotivadas y a destiempo.

La creatividad y la práctica pedagógica del profesor de matemática son dos procesos que deben estar íntimamente ligados, donde la acción del docente como especialista resulta necesaria y fundamental, sin embargo es de considerar que la creatividad a la vez que ofrece la posibilidad de desarrollo al campo educativo y al profesor, exige de éste una preparación acorde, pues éste debe entender que enseñar no es sinónimo de transmitir cultura, sino de capacitar al estudiante para que por sí mismo la integre, recree y enriquezca, pues si el docente quiere educar para el cambio y capacitar para la innovación debe hacerlo creativamente.

Según lo expuesto, el estudio de la creatividad y la enseñanza de la matemática, exigen una preocupación permanente, renovada, que supone siempre un juego entre la búsqueda de alternativas y el contraste con la realidad educativa actual, la cual presenta una enseñanza centrada en métodos tradicionales a los cuales, pareciera, no habérsele incorporado el componente creativo.

González (1997) afirma que en la enseñanza de la matemática se distinguen dos tendencias: a) la matemática es una ciencia codificada, en la cual no hay nada que modificar y que está constituida por un conjunto de verdades inalterables, descubiertas desde la antigüedad y b) la matemática es una ciencia abierta que está en constante evolución y expansión, por ello su enseñanza debe permitir la redimensionar lo que es conocido por quien aprende, esto debe ser una condición necesaria aunque no suficiente para que el estudiante sea capaz de inventar o descubrir hechos matemáticos nuevos.

Considerando la segunda postura, la matemática será una ciencia que enfrente a los estudiantes con situaciones problemáticas que sean resueltas creando condiciones favorables al desarrollo de la creatividad. Por lo que podría entonces considerarse como misión de los profesores de matemática, promover en sus discentes la actitud creativa, para que sean capaces de enfrentarse con lo nuevo, de improvisar, de no temer al cambio sino de sentirse mejor con él, esto significa que se debe enseñar y preparar al alumno no según los viejos modelos, sino en el nuevo sentido de formar estudiantes creativos.

En los actuales momentos ya no se debe considerar que la educación sea fundamentalmente un proceso de aprendizaje, sino que también abarque la educación del carácter y el proceso de formación de la persona. Por lo que se debe fomentar el surgimiento de un nuevo movimiento de enseñanza de la matemática que haga énfasis en la no objetividad, que intervenga menos lo bueno y lo malo, en el que exista despreocupación por lo correcto y lo incorrecto, es decir que el estudiante pueda enfrentarse consigo mismo, con su propio valor y ansiedad, sus estereotipos o su espontaneidad. La creatividad debe estar presente en la formación docente de los profesores. Ha de ser asumida por éstos al igual que los valores y las actitudes, en virtud de los rasgos que presenta la enseñanza creativa.

Enseñanza-aprendizaje creativo en matemáticas

Una educación matemática creativa es necesaria porque a pesar de las reformas, de la introducción de nuevas tecnologías, de las nuevas investigaciones realizadas en Educación Matemática, el rendimiento de los estudiantes en esta asignatura sigue siendo bajo, y el rechazo a la asignatura es cada vez mayor (Sequera, 2007).

Es posible entonces pensar que resulta poco probable mejorar la calidad de la Educación Matemática al margen de la creatividad. Además en un mundo como el actual, en el cual es posible encontrar en un salón de clase estudiantes de diferentes nacionalidades, y una gran diversidad de caracteres, la creatividad podría ayudar a lograr la unidad a través del conocimiento, del juego y del disfrute por la matemática. No obstante, debe admitirse que plantear las condiciones para el trabajo creativo presenta algunas dificultades, pues quizás un profesor podrá manejarse con uno o dos estudiantes "divergentes", pero presentaría algunas dificultades si tuviese una clase llena de ellos.

La autora afirma que la creatividad y las condiciones para que se desarrolle no serán fomentadas sin dificultad y dedicación por parte de los profesores. Por lo cual es importante que los docentes tomen conciencia del reto al cual se enfrentan, para así dirigir sus esfuerzos a superarlo y poder entonces propiciar la evolución de una Educación Matemática creativa desde su quehacer pedagógico.

Una educación matemática creativa es necesaria porque a pesar de las reformas, de la introducción de nuevas tecnologías, de las nuevas investigaciones realizadas en Educación Matemática, el rendimiento de los estudiantes en esta asignatura sigue siendo bajo, y el rechazo a la asignatura es cada vez mayor (Sequera, 2007).

Es posible entonces pensar que resulta poco probable mejorar la calidad de la Educación Matemática al margen de la creatividad. Además en un mundo como el actual, en el cual es posible encontrar en un salón de clase estudiantes de diferentes nacionalidades, y una gran diversidad de caracteres, la creatividad podría ayudar a lograr la unidad a través del conocimiento, del juego y del disfrute por la matemática. No obstante, debe admitirse que plantear las condiciones para el trabajo creativo presenta algunas dificultades, pues quizás un profesor podrá manejarse con uno o dos estudiantes "divergentes", pero presentaría algunas dificultades si tuviese una clase llena de ellos.

La autora afirma que la creatividad y las condiciones para que se desarrolle no serán fomentadas sin dificultad y dedicación por parte de los profesores. Por lo cual es importante que los docentes tomen conciencia del reto al cual se enfrentan, para así dirigir sus esfuerzos a superarlo y poder entonces propiciar la evolución de una Educación Matemática creativa desde su quehacer pedagógico.

REFERENCIAS:

- AMÁBILE, T. (1996). Efectos de la evaluación de la creatividad. D.F. Salterre.
- ARTEAGA, C. (2002). Algunas consideraciones sobre las tareas docentes que propician la actividad creadora o descubridora del alumno. [revista en línea] REVISTA ELECTRÓNICA DE DIDÁCTICA DE LAS MATEMÁTICAS, Año 3, Nº1. Disponible en: http://www.uaq.mx/matematicas.htm. Consultado en mayo 14 de 2011]
- BALACHEFF, N. (1990). Perspectivas de futuro para la investigación en la psicología de la Educación Matemática. Cambridge: UniversityPress.
- BARABTARIO, A. (1993). Investigación acción en la formación del docente universitario: El seminario permanente como un espacio de socialización y producción de conocimientos. Revista: Acta Sociológica. Número 8, Año 1993. D.F.: Universidad Autónoma de México.
- BROUSSEAU, G. (1989). Fundamentos de Didáctica de la Matemática. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- CAMPOS, Y. (2007). Educación Matemática por proyectos con apoyo tecnológico. París: CIEAEM.
- CASTRO, M. (1988). La conformación de un Modelo de Desarrollo Curricular Experimental para el postgrado de la Universidad Nacional Abierta con base en los principio de la ciencia andragógica. Material compilado.
- CHEVALLARD, Y. y JOHSUA, M. (1982). Un ejemplo de análisis de la transposición didáctica: la noción de distancia. París: Lausanne.
- CSIKSZENTMIHALYI, M. (1998). Creatividad. El fluir y la psicología del descubrimiento y la invención. Barcelona: Paidós.
- DIAZ, D. (2001). Una visión de la transformación universitaria. San Cristóbal: Ediciones de la Universidad de los Andes.
- ERVYNCK, G. (1991). Creatividad Matemática. Madrid: Nivola.
- FLÓREZ, R. (2001). Evaluación Pedagógica y Cognición. Colección docente del siglo XXI, Bogotá: Mc Graw-Hill Interamericana S.A.
- GADNER, J. (1998). Arte, mente y cerebro: Una aproximación cognitiva de la creatividad. Buenos Aires: Paidós.
- GONZÁLEZ, F. (1997). El corazón de la matemática. Series Temas de Educación Matemática. Parte Tres. Maracay: Copiler.
- GONZÁLEZ, L. (2007). El proceso creativo en el Diseño arquitectónico. [en línea]. Disponible en http://www.encuentros-multidisciplinares.org/Revistan%C2%BA28/Lesbia%20Gonz%C3%A1lez%20Cubill%C3%A1n.pdf. Consultado en octubre 10 de 2010.
- GUILFORD, J. (1967). La naturaleza de la Inteligencia Humana. New York: McGraw-Hill.
- GUILFORD, J. (1983). La creatividad: presente, pasado y futuro. Barcelona: Paidós.
- HERRÁN, A. (1998). La conciencia humana. Hacia una educación transpersonal. Madrid: San Pablo.
- HERRÁN, A. (2000). Hacia una Creatividad Total. Arte, Individuo y Sociedad (12), 71-89. Dpto. de Didáctica de la Expresión Plástica. Universidad Complutense de Madrid. Servicio de Publicaciones.
- HERRÁN, A. (2006). Nuevos aprendizajes para el siglo XXI: Una mirada evolucionista y Gruyeriana. [en línea: Enciclopedia Virtual de Didáctica y Organización Escolar]. Disponible en http://peremarques.pangea.org/evdioe.htm . Consultado en diciembre 16 de 2010.
- HERRÁN, A. (2008). Metodología didáctica en Educación Secundaria. Madrid: Mc Graw-Hill.
- HOMILKA, L. y CRESPO, C. (2009). Primeras prácticas docentes de los estudiantes: necesidad de resignificar la formación del profesorado. D.F.: Acta Latinoamericana de Matemática Educativa.
- LONDOÑO, L. (2000). Proyecto Macreático: Un modelo metodológico que establece relaciones entre las matemáticas, la creatividad y la informática en el contexto de la complejidad. Revista Digital de Educación y nuevas tecnologías. Número 8, junio 2000. [en línea]. Disponible en http://contexto-educativo.com.ar/2000/6/nota-05.htm. Consultado en abril 21 de 2011.
- MARTÍNEZ, V. (1998). Cómo desarrollar la creatividad gerencial. D.F.: Pac.
- MASLOW, A. (1979). La personalidad creadora. Barcelona: Kairos.
- MORA, C. (2006). La creatividad en la Educación. [en línea]. Disponible en http://www.gestiopolis.com/canales7/emp/como-desarrollar-la-creatividad-para-la-competitividad.htm. Consultado en junio 3 de 2009.
- ORELLANA, M. (2006). Creatividad con todas sus letras. Santiago de Chile: Universitaria.
- ORTIZ, F. (2000). En torno a la creatividad y la dinámica grupal. La Habana: Academia.
- PARENESC, C. (1998). El camino al desarrollo creativo. D.F.: Pac.
- RAMOS, M. (2001). Para educar en valores. Teoría y Práctica. Caracas: Paulinas.
- RAMOS, M. (2005). Educadores creativos alumnos creadores. Valencia: Universidad de Carabobo.
- REYES, M. (2003). Las estrategias creativas como factor de cambio en la actitud del docente para la enseñanza de la matemática. Caracas: Sapiens.
- RINAUDO, M. y DONOLO, D. (2000). ¿Creatividad en educación? Retos actuales de la enseñanza universitaria. Trabajo realizado en el marco del proyecto de investigación Aprender en la Universidad. Buenos Aires: CONICET.
- RODRÍGUEZ, M. (1998). Mil ejercicios de creatividad. Caracas: Mc Graw-Hill Interamericana.
- SEGURA, M. (2004). Hacia un perfil del docente universitario. Revista Ciencias de la Educación. Año 4, vol. 1, Nº 23. Valencia: Universidad de Carabobo.
- SELTZER, K. y BENTLEY, T. (2000). La era de la creatividad. Conocimientos y habilidades para una nueva sociedad. Madrid: Santillana.
- SEQUERA, E. (2007). Creatividad y desarrollo profesional docente en matemáticas para la Educación Primaria. Barcelona: Pirámide.
- SIERRA, C. (2001). Modelo de acción-reflexión para la valoración del desempeño profesional apoyado en la autoestima del docente de Educación Básica. Tesis presentada para optar al título de Doctor en la Universidad Santa María. Caracas.
- TEPPA, S. (2006). Didáctica creativa y desarrollo humano. Trabajo presentado para optar al título de Magister en Gerencia Educativa. UPEL Barquisimeto.
- TORRE, S. (1995). Creatividad Aplicada. Madrid: Escuela española.
- TORRE, S. y VIOLANT, V. (2001). Creatividad aplicada. Barcelona: PPU.
- TRUEBA, C. (1999). Aportes hacia un perfil docente para el siglo XXI. [en línea]. Disponible en http://edutec.rediris.es/documentos/perfil.htm. Consultado en abril 8 de 2010.
- VERGNAUD, G. (1988). ¿Cuál es la esencia de la psicología?. D.F.: Trillas.
- VILLARROEL, C. (1995). La enseñanza universitaria: de la transmisión del saber a la construcción del conocimiento. Caracas: Humanic.
- WALDEGG, M (2000). ¿Qué se investiga en educación matemática? [en línea]. Disponible: http://www.scielo.org.ve/scielo.php. [consultado, agosto 06 de 2009]

Continúa en el próximo número…

INTERPRETACIONES GENERADAS EN LA PRAXEOLOGÍA DE LAS REPRESENTACIONES SEMIÓTICAS DE LAS LEYES DE INFERENCIA POR ESTUDIANTES CURSANTES DE LA ASIGNATURA LÓGICA MATEMÁTICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE CARABOBO. (Entrada 1).

PRAXEOLOGY GENERATED INTERPRETATIONS OF SEMIOTIC REPRESENTATIONS OF THE LAWS OF INFERENCE BY STUDENTS STUDYING THE SUBJECT OF MATHEMATICAL LOGIC OF FACULTY OF FACULTY OF EDUCATION SCIENCES OF THE UNIVERSITY OF CARABOBO. (Entrance 1).

Por: Msc. EINYS FERNÁNDEZ

Tomado de:
Interpretaciones generadas en la praxeología de las representaciones semióticas de las leyes de inferencia por estudiantes cursantes de la asignatura Lógica Matemática de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Carabobo. (Entrada 1). Resumen. Abstract. Introducción. Pp. xiv-xv / 1-3. Tesis de Maestría.Universidad de Carabobo. Facultad de Ciencias de la Educación. Bárbula, 2012.

Índice:

RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad el análisis de las interpretaciones generadas en la praxeologia de las representaciones semióticas de las Leyes de Inferencia por estudiantes cursantes de la asignatura Lógica Matemática de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Carabobo fundamentada en los enfoques teóricos de Chevallard (1999) y Duval (1999). Esta disertación fue orientada en un estudio de campo no experimental cuantitativo de tipo descriptivo lo cual facilitó obtener los conocimientos, las interpretaciones y aspectos praxeológicos que desarrollaron los ciento sesenta y dos (162) estudiantes conformados como muestra, tal cantidad se obtuvo a través de la aplicación de la ecuación propuesta por Palella y Martins (2010) con una margen de error del 7,3%. El instrumento validado por expertos y obtenida su confiabilidad a través de la ecuación KR20 y Correlación de Spearman fue estructurado por veintisiete (27) ítems, donde los primeros veintiún (21) ítems de dimensión conceptual son pruebas objetivas con reactivos de opción múltiple y abertura para justificar, pero los últimos seis (06) ítems de dimensión procedimental es una prueba de ensayo; de aquí se obtuvo que los estudiantes no tienen una estructura cognitiva acorde al nivel de estudio, presentan confusiones y deficiencias conceptuales para comprender e interpretar coherentemente las representaciones semióticas planteadas; por tal razón se recomienda fomentar en los educandos el carácter reflexivo, crítico y abstracto a través de diversos registros semióticos inherentes a la realidad de su entorno social.

Palabras Clave: Praxeología, Representaciones Semióticas, Leyes de Inferencias, Lógica, Tratamiento, Conversión.

ABSTRACT

The purpose of this research was the analysis of the representations generated in praxeology of semiotic representations of the laws of inference by students studying the subject of mathematical logic sciences of the faculty of education at the University of Carabobo based on theoretical approaches of Chevallard (1999) y Duval (1999). This dissertation was focused on a non-experimental field of study of quantitative descriptive type, which helped to gain the knowledge, interpretations and praxeological aspects who developed one hundred sixty-two (162) students organized as sample, such amound was obtained through the application of the equation given by Palella and Martins (2010), with a margin of error of 7,3%. The validated instrument by experts and its reliability obtained through the equation KR20 and Spearman correlation was structured by twenty-seven (27) items, where the first twenty (21) items of conceptual dimension are objective tests with multiple choices items and opening to justify, but the last six (06) ítems of procedural dimension is an essay test, from here it was found that students do not have a mind structure according to the level of study, they show confusions and conceptual gaps to understand and play consistently the semiotic representations given therefore its recommended fostering in students the reflective character, critical and abstract through different semiotic registers inherent to the reality of their social environment.

Keywords: Praxeology, Semiotic Representations, Inferences Laws, Logic, Processing, Conversion.

INTRODUCCIÓN

La Educación Matemática contempla la organización didáctica y el desarrollo de métodos y técnicas para el alcance de los objetivos propuestos en particulares contenidos. Durante este proceso de estudio se emplean lenguajes expresados de forma verbal o escrita, de los cuales emergen fenómenos didácticos estos que deben describirse a través desde una postura epistemológica, (Chevallard 1999).

Sin embargo, el mal uso de términos y escrituras simbólicas, o ambos en los profesores conduce a los estudiantes a un aprendizaje deficiente en sus estructuras cognitivas, y por ende, no describirán correctamente su actividad Matemática y tendrán múltiples carencias en cuanto al uso, comprensión e interpretación de las representaciones semióticas, esto último, definido por Duval (1999) como "un conjunto de signos que ejercen una función comunicativa", (p. 27).

La anterior situación, se presentó en alumnos del primer semestre de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Carabobo y es que cuando ellos tenían que aplicar Leyes de Inferencia para demostrar la conclusión de un razonamiento a partir del uso de todas sus premisas, usaron erradamente un conjunto de signos o caracteres lógicos, los cuales pusieron en evidencia reiterados errores y el incorrecto aprendizaje obtenido por los mismos, (Fernández y López, 2007).

De acuerdo con las equivocaciones que tuvieron los estudiantes durante su actividad en referencia a la utilización de los signos correspondiente a la temática antes descrita de la asignatura Lógica Matemática, se hizo pertinente analizar las interpretaciones que ellos generan en ese momento, definido por ChevallarD (1999) como praxeología, el cual aborda la resolución de problemas a través de técnicas, tecnologías y teorías.

En virtud de lo anterior, el actual estudio se formaliza a través de cinco fases, la primera hace instancia a la problemática de la situación donde se describe los diferentes errores que han manifestado algunos sujetos inherentes al área, previamente investigados por Fernández y López, (2007); además se presentan los objetivos a seguir así como la debida justificación de la investigación.

En segundo lugar, se proyecta la fundamentación teórica que afianza epistemológicamente todo lo concerniente a la variable "*Interpretaciones Generadas en la Praxeología de las Representaciones Semióticas de las Leyes de Inferencias*" bajo el enfoque de la Teoría Antropológica de lo Didáctico de Chevallard (1999) y las Representaciones Semióticas de Duval (1999); así también se desarrolla la exploración y correspondencia de otras investigaciones vinculadas a la presente, para finalizar en esta etapa se definen los términos pocos usuales.

Posteriormente, se hace alusión a la metodología empleada donde la disertación está amparada bajo la modalidad no experimental de campo de tipo descriptivo bajo un enfoque cuantitativo, seguidamente se indica la delimitación de la población (1167 estudiantes) y la muestra (162 estudiantes), esta última se derivó de la ecuación para determinar el tamaño muestral propuesto por Palella y Martins, (2010); este grupo facilitó la recolección de información a través de la aplicación del instrumento que se elaboró a partir de la tabla de operacionalización de la variable en estudio, previamente validado y obtenida su confiabilidad.

Consecutivamente, se presenta un análisis cuantitativo de las calificaciones obtenidas por los estudiantes en el cual se obtuvo que la nota más representativa fue de dieciséis (16) puntos, con una mediana de quince (15) puntos y una desviación estándar de 4,7. Posteriormente, se describe los resultados para cada dimensión en cuanto a los diversos criterios que se pretendían obtener a través de los ítems; fin de distinguir los conocimientos e interpretaciones que generaron los encuestados. Aunado a esto; se planteó la frecuencia cuantitativa de los aspectos praxeológicos abordados en las representaciones semióticas de las Leyes de Inferencias, en el cual se evidenció que el 54% de la muestra en estudio desarrolló completamente la actividad.

Para finalizar, se esboza las conclusiones y recomendaciones que se han originado de los resultados obtenidos a través de la aplicación del instrumento, en el cual se distingue entre los aspectos más relevantes que la ley más reconocida ya sea por su nombre o representación semiótica es la ley inferencia denominada Simplificación. Por otro lado, más del 90% de la muestra obviaron la fase de la praxeología de Chevallard denominada tecnología, en la cual los estudiantes debían aportar sus explicaciones para posteriormente afianzarla bajo la teoría; de aquí se originaron y presentaron diferentes interpretaciones, unas bien concretas mientras que otras con incoherencias e inconsistencias en las ideas, además se observó que en algunas circunstancias los estudiantes no pudieron justificar los pasos dados en la tarea planteada debido a que en sus estructuras cognitivas tienen un vacío semántico el cual le facilite realizar sus redacciones semióticas.

Este análisis cuantitativo de la presente investigación facilitó la disertación de los conocimientos así como de las diferentes interpretaciones que se generaron durante la actividad praxeológica de las representaciones semióticas de las Leyes de Inferencias, además de la categorización cuantitativa de los aspectos praxeológicos que fueron abordados y obviados por la muestra encuestada; este proceso de estudio ha sido un acceso para deducir la razón por la cual los mismos cometen en reiteradas oportunidades tanto errores conceptuales como procedimentales.

REFERENCIAS:

- Chevallard, Y. (1999). ***El Análisis de las Prácticas Docentes en la Teoría Antropológica de lo Didáctico***. Vol. 19. Nº 12. pp. 221-266. Disponible: http://josedesktop.uacm.edu.mx/nolineal/libros/campomedio/El_analisis_de_las_practicas_docentes_en_la_teoria_antropologica_de_los_didactico.pdf [Consulta: 2009, Marzo 19].
- Duval, R. (1999). ***Semiosis y Pensamiento Humano***. Universidad del Valle. Instituto de Educación y Pedagogía. Grupo de Educación Matemática. ISBN 958-8030-23-4. Traducción de Myriam Vega Restrepo. Cali-Colombia
- Fernández, E. y López, J. (2007). ***Análisis de los Errores Cometidos en el Aprendizaje de Lógica Proposicional por los Estudiantes del Primer semestre de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Carabobo***. Trabajo Especial de Grado de la Licenciatura, no publicado. Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Carabobo, Valencia-Venezuela.
- Palella, S. y Martins, P. (2010). ***Metodología de la Investigación Cuantitativa***. Editorial FEDUPEL. Tercera edición. ISBN 980-273-445-4. Caracas.

Continúa en el próximo número…

El enigma resuelto hace 300 años por el matemático Leonhard Euler que hoy nos permite acceder a internet.

Versión del artículo original de MARCUS DU SAUTOY.
FUENTE: Serie de la BBC "Breve historia de Matemáticas".

EL MATEMÁTICO Y FÍSICO SUIZO LEONHARD EULER (1707-1783) HIZO DESCUBRIMIENTOS EN UNA AMPLIA GAMA DE CAMPOS, INCLUYENDO GEOMETRÍA, CÁLCULO INFINITESIMAL, TRIGONOMETRÍA, ÁLGEBRA, TEORÍA DE NÚMEROS, FÍSICA DE CONTINUUM, TEORÍA LUNAR Y TEORÍA DE GRAFOS, PARA NOMBRAR UNOS POCOS. CRÉDITO IMAGEN: SCIENCE PHOTO LIBRARY.

El desafío matemático anual presentado por la Academia de Ciencias en París en 1727 fue este: "¿Cuál es la mejor manera de organizar mástiles en un barco?"

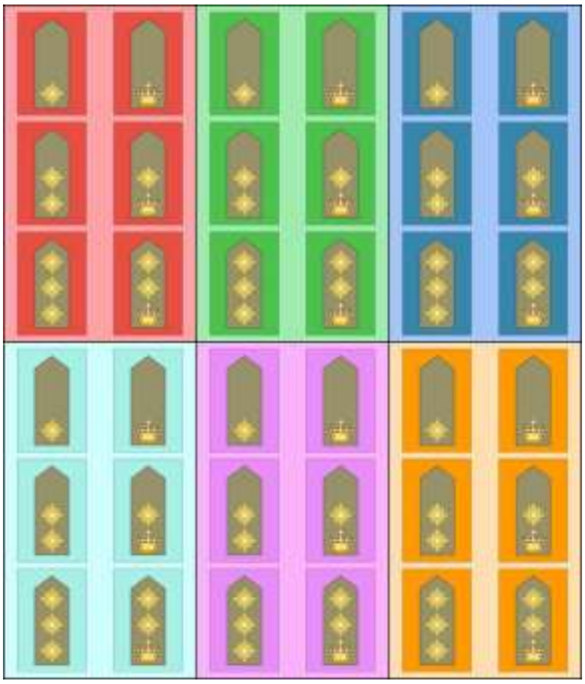
A primera vista es un problema muy práctico, pero el joven matemático suizo Leonhard Euler lo abordó como un rompecabezas puramente matemático.

A pesar de nunca haber puesto un pie a bordo de un barco, se sintió perfectamente calificado para calcular la disposición óptima de los mástiles.

"*No me pareció necesario confirmar esta teoría mía con experimentos porque se deriva de los principios más seguros de las matemáticas, por lo que no cabe duda alguna de si es o no cierta y funciona en la práctica*", declaró.

Leonhard Euler tenía una fe absoluta en las matemáticas.

LEGADO QUE LLEGA HASTA HOY



ESTE ES OTRO DE LOS "RECREOS" DE EULER: EL PROBLEMA DE 36 OFICIALES. EULER PREGUNTÓ SI SEIS REGIMIENTOS, CON HOMBRES DE SEIS RANGOS DIFERENTES, PODÍAN ORGANIZARSE EN UN CUADRADO DE 6X6 PARA QUE CADA FILA Y COLUMNA NO REPITAN UN RANGO O REGIMIENTO. CONOCIDO COMO UN CUADRADO GRECO-LATINO, ESTA ES UNA FORMA DE COMBINATORIA. EULER DIJO QUE NO HABÍA SOLUCIÓN PARA ESTE PROBLEMA, PERO ESTO NO SE DEMOSTRÓ HASTA 1901. EN 1960, SE DEMOSTRÓ QUE TODOS LOS CUADRADOS GRECO-LATINOS, EXCEPTO LOS CASOS 2X2 Y 6X6, SE PUEDEN RESOLVER. CRÉDITO IMAGEN: SCIENCE PHOTO LIBRARY.

Euler es uno de los matemáticos más prolíficos de todos los tiempos. ¡Hay tantas ideas matemáticas que llevan su nombre! 50 años después de su muerte, su trabajo aún se estaba publicando. Reformó casi todas las áreas de las matemáticas.

Y, como si fuera un hobby, resolvió **el problema de los siete puentes de Königsberg**, un popular enigma del siglo XVIII.

"Para Euler resolver el problema fue una forma de entretenimiento, era algo intrincado y ameno que hacer", le dijo a la BBC el experto en tecnología Bill Thompson.

"Por supuesto él no tenía idea de cuánto aprovecharíamos su trabajo, cómo construiríamos sobre sus ideas ni de que usaríamos lo que nos dejó para crear y ejecutar una red que ha cambiado el mundo por completo". Se refiere a internet.

Para Euler fue solo un juego, pero las matemáticas que creó para resolverlo se usan para hacer que los motores de búsqueda sean mucho más eficientes.

COMO RESPIRAR

Desde una edad temprana, Leonhard Euler "calculaba sin ningún esfuerzo aparente, como los hombres respiran, como las águilas se sostienen en el aire", según el matemático francés François Arago.

LAS MATEMÁTICAS LE INSPIRABAN TAL PASIÓN QUE CUANDO AL FINAL DE SU VIDA SE QUEDÓ CASI CIEGO SENCILLAMENTE DIJO: "SUPONGO QUE AHORA TENDRÉ MENOS DISTRACCIONES". CRÉDITO IMAGEN: GETTY IMAGES.

Probaba teoremas por diversión, así como tú o yo podríamos hacer Sudoku. Pero su padre, que era clérigo, quería que siguiera sus pasos.

"*Tuve que registrarme en la facultad de Teología, y debía aplicarme a los idiomas griego y hebreo, pero no progresé mucho, pues dedicaba la mayor parte de mi tiempo a estudios matemáticos, y para mi feliz fortuna, las visitas del sábado a Johann Bernoulli continuaron*".

Johann Bernoulli fue un destacado matemático con sede en la ciudad natal de Euler, **Basilea, donde en el siglo XVIII había una suerte de mafia matemática**.

La familia Bernoulli produjo ocho matemáticos sobresalientes en solo cuatro generaciones.

Johann fue tutor de Euler y persuadió a su padre para que le permitiera estudiar matemáticas en vez de religión.

Y fue el hijo de Johann, Daniel, gran amigo de Euler, quien le encontró su primer empleo, en la Academia de San Petersburgo donde él trabajaba.

Era en la sección médica, lo cual no era ideal, pero antes de irse a Rusia, Euler leyó todo lo que pudo sobre medicina. Tal era su forma de pensar, que logró convertir la fisiología de la oreja en un problema matemático.

El día en que Euler llegó, Catalina I de Rusia, la gran patrona liberal de la Academia de San Petersburgo, murió.

En medio de la confusión, **Euler se mudó discretamente** de la sección médica **al departamento de matemáticas y a nadie pareció importarle**.

CRUZANDO PUENTES

EN LA CIUDAD DE KÖNIGSBERG TENÍAN UN PASATIEMPO DOMINGUERO QUE LE LLAMÓ LA ATENCIÓN A EULER.

Mientras estaba trabajando en San Petersburgo, Euler se enteró del conocido problema de los 7 puentes de Königsberg.

La ciudad prusiana de Königsberg estaba dividida en cuatro regiones distintas por las diversas ramas del río Pregel.

Siete puentes conectaban esas cuatro áreas diferentes y, en la época de Euler, se había convertido en un pasatiempo de tardes domingueras entre los residentes de la ciudad tratar de encontrar una manera de cruzar todos los puentes una sola vez y volver al punto de partida.

¿PUEDES CRUZAR TODOS LOS PUENTES UNA SOLA VEZ Y VOLVER AL PUNTO DE PARTIDA? CRÉDITO IMAGEN: CREATIVE COMMONS.

Euler le escribió una carta al Astrónomo de la Corte en Viena en 1736, describiendo lo que pensaba del problema:

"***Esta pregunta es tan banal, pero me pareció digna de atención*** *porque ni la geometría, ni el álgebra, ni siquiera el arte de contar era suficiente para resolverlo*.

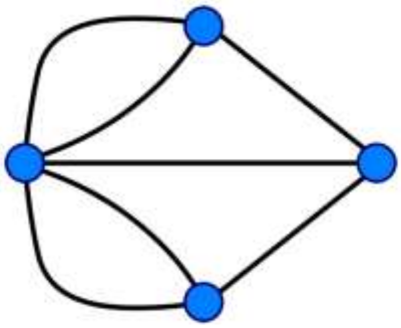
En vista de esto, se me ocurrió preguntarme si pertenecía a la ***geometría de posición****, que (el polímata alemán Gottfried Wilhelm von) Leibniz alguna vez tanto anheló*.

Y así, después de un poco de deliberación, obtuve una regla simple, pero completamente establecida, con cuya ayuda uno puede decidir de inmediato, para todos los ejemplos de este tipo, si tal ida y vuelta es posible".

En lugar de caminar interminablemente por la ciudad probando diferentes rutas, Euler creó una nueva "geometría de posición", en la cual las medidas anticuadas como longitudes y ángulos —todas las medidas de hecho— eran irrelevantes.

LO QUE IMPORTA ES CÓMO ESTÁN CONECTADAS LAS COSAS.

Euler decidió pensar en las diferentes regiones de tierra en Königsberg que estaban separadas por el río como puntos y los puentes que los unen, como líneas que los conectan.



PUNTOS EN VEZ DE PUENTES, LÍNEAS EN VEZ DE CAMINATAS... Y ENCONTRÓ LA SOLUCIÓN NO SÓLO A ESE SINO A UN SINNÚMERO DE PROBLEMAS. CRÉDITO IMAGEN: CREATIVE COMMONS.

Lo que descubrió es esto: para que un viaje de ida y vuelta (sin volver sobre tus pasos) sea posible, cada punto —excepto los puntos de inicio y final— debe tener **un número par de líneas entrando y saliendo**.

La ventaja de la regla de Euler es que funciona en cualquier situación.

Cuando analizó su mapa de los siete puentes de Königsberg de esta manera, descubrió que cada punto o pedazo de tierra tenía un número impar de líneas o puentes que emergían de ellas.

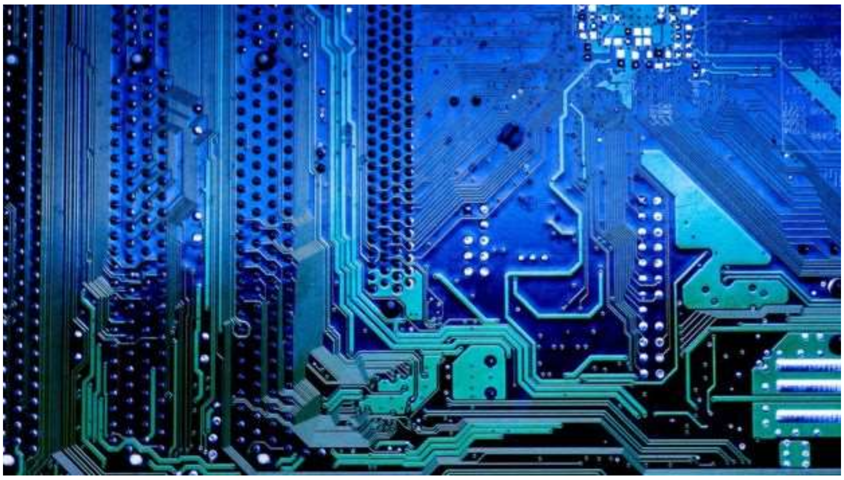
Así, sin tener que caminar una y otra vez por la ciudad, descubrió matemáticamente que no era posible caminar por la ciudad cruzando cada uno de los puentes una sola vez.

DEL SIGLO XVIII AL XXI

La regla de Euler es fácil de aplicar.

Lo difícil era enmarcar el problema del puente Königsberg de esa manera en primer lugar, **así como probar** que "la cantidad de líneas que entran y salen de cualquier punto" realmente es todo lo que necesitas saber para saber si ese viaje es posible o no.

Y no se necesita ser un matemático para que una idea como esta te sea útil.



GRACIAS A REGLAS BASADAS EN LA OBRA DE EULER, MOTORES DE BÚSQUEDA SON MUCHO MÁS EFICIENTES. CRÉDITO IMAGEN: GETTY IMAGES.

La solución matemática de Euler al enigma de Königsberg ahora impulsa una de las redes más importantes del siglo XXI: internet, una red que conecta millones de computadoras en todo el mundo y mueve datos digitales entre ellos a una velocidad increíble.

"Si tengo mi computadora en casa y quiero entrar en un sitio web, necesito hacer una conexión entre mi computadora y el sitio web que puede estar en cualquier lado", dice Bill Thomson.

"Y puedo hacer esa conexión porque **en mi computadora están incrustadas reglas basadas en el trabajo que Euler** hizo en el siglo XVIII cuando trató de resolver el enigma de los puentes de Königsberg", explica el experto en tecnología.

El de los puentes de Königsberg estaba lejos de ser un problema acuciante en ese momento —más bien una curiosidad—, pero la solución de Euler perduró y revolucionó la era de la información del siglo XXI.

Lo que para Euler fue apenas un recreo, lanzó una de las ramas más importantes de las matemáticas.

Es como un cuento de hadas matemático, una historia con la que casi todos los matemáticos se criaron.

El plano inclinado de Galileo.

En realidad, los experimentos de Galileo tenían más que ver con planos inclinados que con torres inclinadas.

Versión del artículo original de CARLO FRABETTI

Tomado de: El País – España – 3 de septiembre de 2021

__Carlo Frabetti__ es escritor y matemático, miembro de la Academia de Ciencias de Nueva York. Ha publicado más de 50 obras de divulgación científica para adultos, niños y jóvenes, entre ellos 'Maldita física', 'Malditas matemáticas' o 'El gran juego'. Fue guionista de 'La bola de cristal'.

El experimento (probablemente mental) de Galileo para refutar a Aristóteles (dejar caer dos piedras, una más pesada que la otra, y atadas mediante una cuerda) y su teoría sobre la caída de los cuerpos, ha suscitado cierta controversia. He aquí lo que dijo al respecto Jesús Neila:

"Es un sorprendente argumento por reducción al absurdo: si la teoría aristotélica fuera correcta, se derivarían dos conclusiones contradictorias. Por un lado, la piedra de menor peso frenaría a la otra (mientras que la más pesada aceleraría a la primera). Por otro, ambas sumadas constituirían un peso mayor que cualquiera por separado. Así, el conjunto debería caer más lento que la más pesada sola (por la primera razón) y también debería caer más deprisa (por la segunda)".

En cuanto al péndulo de Foucault madrileño, Gabriel Espín suministró un cálculo exacto:

"El Real Observatorio de Madrid se encuentra en una latitud (según Google Maps) de 40.408°; aplicando la fórmula comentada, el tiempo empleado en una vuelta completa es de 37.024 horas o 37 horas 1 minuto 26 segundos".

Se habla mucho de los experimentos de Galileo -reales o mentales- en la torre de Pisa, dejando caer objetos desde lo alto; pero en realidad fue un plano inclinado, no una torre, lo que le permitió realizar cálculos precisos sobre la caída de los graves. Si dejamos rodar una bola sobre un plano inclinado, su peso -vertical- se descompone en dos fuerzas: una perpendicular al plano que la mantiene pegada a él y otra paralela al mismo que la hace deslizarse; cuanto menos inclinado está el plano, menor es esta segunda fuerza (hasta hacerse nula en el plano horizontal), por lo que, mediante una inclinación adecuada, se puede observar la gravedad actuando a cámara lenta, por así decirlo, lo que facilita enormemente las mediciones. Con una inclinación de 30º, por ejemplo, la fuerza que hace que la bola baje por el plano es la mitad de su peso, ya que es proporcional al seno del ángulo de inclinación (sen 30º = 1/2).

EL TEJADO INCLINADO

Un ejemplo cotidiano de plano inclinado lo tenemos en los tejados (aunque no suelen ser muy planos), así que podemos subirnos a uno de ellos para rendirle al gran Galileo un pequeño homenaje en forma de problemas de caída de graves:

Una joven gallina se posa en lo alto de un tejado de pizarra a dos aguas y pone un huevo esférico (los huevos redondos no son infrecuentes entre las gallinas primerizas), que rueda 4 metros por el tejado y cae al suelo desde una altura de 8. La inclinación del tejado es de 30º. ¿Se rompe el huevo? Otra pretensión: ¿con qué velocidad llega al suelo?

Más difícil todavía (para pensarlo):

Junto a la gallina hay una antena de televisión a cuya base hay atada una cuerda que baja por el tejado y cuelga 2 metros a partir del borde. La joven e inexperta faisánida la confunde con un enorme gusano y la picotea justo en su punto de unión con la antena hasta que la rompe, y la cuerda se desliza por el tejado y cae. ¿Cuál es la velocidad de la cuerda en el momento en que su extremo inferior toca el suelo? En ambos casos se despreciar el rozamiento del tejado (es de resbaladiza pizarra) y la resistencia del aire.

Demostrar no es verificar: ¿Podrías encontrar la solución a estos problemas matemáticos?

Está claro que un buen dibujo te puede ayudar mucho a la hora de demostrar algo, pero, ¿siempre?

Versión del artículo original de ALFONSO J. POBLACIÓN

TOMADO DE: *ABC* España / Sección *el ABCdario de las Matemáticas* / 01-02-2021

LA ESCUELA DE ATENAS, DE RAFAEL SANZIO, MUESTRA A LOS FILÓSOFOS, CIENTÍFICOS Y MATEMÁTICOS MÁS IMPORTANTES DE LA ÉPOCA CLÁSICA. CRÉDITO IMAGEN: WIKICOMMONS.

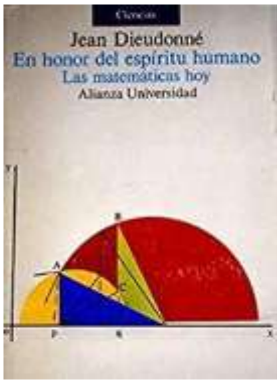
Alfonso Jesús Población Sáez es profesor de la Universidad de Valladolid y miembro de la Comisión de divulgación de la Real Sociedad Matemática Española (RSME).

El ABCdario de las Matemáticas es una sección que surge de la colaboración con la Comisión de Divulgación de la RSME.

Además de agradecer a los lectores el esfuerzo de leer estas pequeñas reflexiones que realizamos sobre diferentes aspectos relacionados con las matemáticas, que escribimos con la ilusionante idea de intentar hacerlas más cercanas y comprensibles, valoramos las aportaciones que algunos dejan en los comentarios. Muchas veces enriquecen el contenido del artículo, y otras nos zarandean y dejan bastante claro que es difícil, por mucho que lo intentamos, transmitir realmente la verdadera esencia de lo que trabajamos, enseñamos y estudiamos.

También lo percibimos casi diariamente en nuestras aulas con las dudas que los alumnos nos plantean. La mayor parte acaba asumiendo los procedimientos, las técnicas, los algoritmos que explicamos, y los aplican con cierta soltura en la resolución de ejercicios, pero no alcanzan a entender ni cuál es el propósito de esta disciplina, ni cómo está organizada, ni cómo se deducen esos procedimientos que ven que funcionan, pero que de un modo u otro, asumen y punto, como si fuera algo revelado e inaccesible.

En el muy recomendable libro *En honor del espíritu humano. Las matemáticas hoy* (**Jean Dieudonné**, Alianza Editorial, S.A. 1989), que trata también de ofrecer una panorámica de nuestra profesión, el autor advierte que «es muy poco frecuente obtener del interlocutor una respuesta válida si no ha recibido la enseñanza matemática correspondiente, por lo menos, a los dos primeros años de universidad. Incluso algunos científicos destacados en otros campos sólo cuentan a menudo con unas nociones aberrantes acerca del trabajo de los matemáticos».



Por supuesto el conocimiento del autor del tema queda fuera de toda duda: Jean Dieudonné fue uno de los miembros más activos del grupo *Bourbaki* (colectivo que se propuso revisar toda la matemática conocida hacia los años cuarenta del siglo XX y dotar a todas sus ramas de un rigor extremo), experto en geometría algebraica y análisis funcional.

A pesar de todo, somos muchos los entusiastas e idealistas que creemos que es necesario el intento (según redactaba estas líneas, me aparecía el aviso en el ordenador del nuevo **Boletín de la RSME**, en el que el nuevo editor de publicaciones de la entidad, Joaquín Pérez, indica que «es nuestro deber no sólo crear nuevas matemáticas, sino transmitir aquellas ya creadas asegurando la pervivencia del avance de conocimiento en este campo»).

En mi caso, mi mayor motivación es el tratar de hacer ver la perfección, dentro de sus escasas limitaciones, de la, para mí, mejor forma de acercarnos al entendimiento de todo lo que nos rodea, y compartir la incomparable satisfacción que conlleva acabar demostrando rigurosamente algo en lo que llevas mucho tiempo pensando. En particular, decírselo a los más jóvenes, aquellos que pueden tomar el relevo en esa gran empresa.

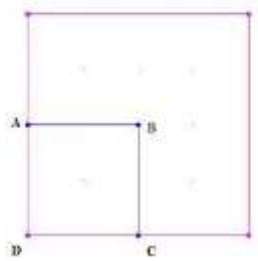
Llega el momento de meter un poco de caña y dejar el idealismo. En mi última columna sobre el **misterio del 77**, algún amable lector comentaba que «parece que el trabajo de los matemáticos es pura superstición. A menudo, los profesionales de las matemáticas se obsesionan con los números y hacen descubrimientos en matemáticas que no son útiles en ese momento pero que después pueden tener aplicación». El artículo no hablaba del trabajo de los matemáticos. Simplemente trata de mostrar, de un modo más bien jocoso (porque las tonterías cabalístico-numerológicas no pueden tomarse de otra forma), que sin un mínimo de rigor es posible deducir cualquier cosa de cualquier otra. Siento no haberlo sabido plasmar completamente (la mayoría lo apreció como era; si alguno no lo hizo, obviamente la culpa es mía). Esto me ha sugerido el quizá vano intento de explicar (dar una simples pinceladas; no voy a lograr lo que gruesos volúmenes de incuestionables sabios a lo largo de los tiempos no han hecho) qué diferencias existen entre una demostración y... otras cosas.

Desde luego debe quedar claro que el sentido último de cualquier resultado matemático es encontrar una demostración rigurosa y bien hecha. Sin eso, cualquier cosa que me digan no es que haya que tomarla por falsa, es que no debemos perder ni dos segundos en escucharla. Pero, ¿qué es una demostración matemática? De acuerdo a la definición formal descrita a comienzos del siglo pasado:

> Una **demostración de una proposición matemática** Φ es una sucesión finita φ_1, φ_2, ..., φ_n tal que $\varphi_n = \Phi$, de modo que para cada $i = 1, 2, ..., n-1$, φ_{i+1} es o un axioma, o se sigue de φ_1, φ_2, ..., φ_i a partir de una operación permitida o una regla lógica inferida (como *modus ponens*, por ejemplo). Las proposiciones Φ, φ_1, φ_2, ..., φ_n deben estar escritas en un lenguaje formalmente especificado, como la lógica proposicional.

En definitiva, la demostración es un razonamiento que encadena un conjunto de deducciones lógicas entre enunciados previamente conocidos y demostrados (o aceptados por su indiscutible validez; éstos, unos pocos, son los axiomas, verdades absolutas, como por ejemplo, que dado un punto y una longitud, es posible construir una circunferencia con centro el punto: es indiscutible porque, entre otras razones, la construyo físicamente). No se conoce hasta el momento ninguna civilización anterior a la griega en la que se hicieran este tipo de razonamientos, por lo que, podemos considerar a los griegos a partir del siglo VI a. C. como los precursores del rigor lógico-matemático.

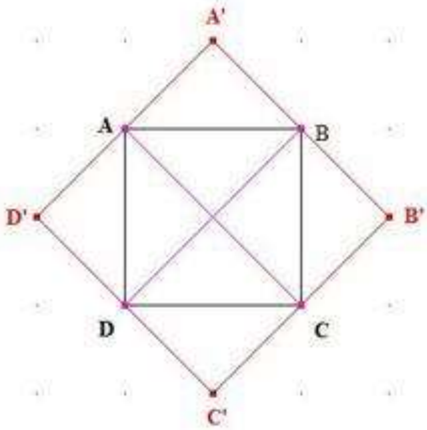
Como indica Dieudonné en el libro anteriormente citado, las primeras demostraciones conocidas por escrito aparecen en textos de los filósofos griegos Platón y Aristóteles. En el diálogo «Menón», Sócrates quiere hacer ver a un joven cómo encontrar un cuadrado cuyo área sea doble de otro dado ABCD (es decir, la duplicación de un cuadrado, paso previo al intento de duplicación de un cubo, problema que sabemos es irresoluble en general).



La primera respuesta del inocente joven es duplicar el lado del cuadrado (ver imagen). Entonces, pacientemente, Sócrates le explica que ese cuadrado no sería doble del dado sino cuádruple. Del dibujo se deduce claramente que en el cuadrado morado hay cuatro cuadrados ABCD.

No obstante, una mente más analítica, lo demostraría a partir de la conocida expresión del área del cuadrado: si el lado del cuadrado ABCD es L, su área es L^2. Al duplicar el lado, esto es, 2L, el área resulta $(2L)^2 = 4L^2$. Ambas (la gráfica y la de la fórmula) son verificaciones de que el objeto propuesto, no responde a la pregunta planteada por el filósofo.

A continuación, Sócrates le dice que construya un cuadrado cuyo lado sea la diagonal del cuadrado ABCD. Obsérvese que dicha diagonal (en morado ambas) es la hipotenusa del triángulo rectángulo isósceles ADC. Por tanto el teorema de Pitágoras anda por medio (a ver si el lector es capaz de demostrar por esa vía que el cuadrado rojo es exactamente el doble del original, y que ello da un procedimiento general, una demostración). Con el dibujo (y la papiroflexia, como recurso didáctico), es claro que si doblamos por el lado AB el triángulo AA'B hacia dentro, y repetimos la misma operación con las otras tres solapas triangulares, nos queda un único cuadrado, el original, lo que demuestra que la cantidad de papel que tenemos es doble del cuadrado ABCD. ¿Es esto una demostración igual de rigurosa que la del teorema de Pitágoras? En este caso, sí, pero no siempre el dibujo es una demostración rigurosa, aunque, estrictamente hablando, eso verifica el resultado una vez conocida la construcción. Pero, sin esa construcción dada, ¿cómo la encontramos a partir únicamente del enunciado?



Como los profesores de matemáticas (según Dieudonné, la mayoría somos sólo eso: para poder denominar matemático a alguien, «debería haber encontrado y publicado al menos la demostración de un teorema no trivial») somos un tanto poliédricos en algunos aspectos, intenten demostrar (o refutar) si es posible realizar el dibujo anterior de un solo trazo y sin pasar dos veces por el mismo sitio (excepción de un punto, o sea que no se puede pasar dos veces por el mismo lado, pero sí por un mismo punto), y ya puestos, si es posible acabar en el punto que se empezó. Es decir, en términos de grafos, ¿es el dibujo anterior un ciclo euleriano o hamiltoniano?

Lo anterior es una disputa constante entre matemáticos y alumnos. ¿Vale un dibujo como demostración? Es claro que un buen dibujo te puede ayudar mucho a la hora de demostrar algo, pero ¡¡cuidado!!: no siempre vale como demostración. Les pongo otro par de ejemplos para que mediten sobre ello (habría mucho más que decir sobre el tema de la demostración, pero esto es una reseña en un periódico, no un libro, de modo que, lamento no poder ahondar más en el asunto por hoy; en cualquier caso, afortunadamente casi ningún colega lee estos artículos. Esta es otra constante en los matemáticos: no hay tiempo para leer cosas triviales y/o conocidas de sobra, se necesita para trabajar en las investigaciones que estamos, se necesita mucha concentración. Y del mismo modo, nos trae al fresco si en lo que trabajamos tiene una aplicación práctica o no. Nosotros estamos en lo nuestro y se acabó, les guste a los demás, lo entiendan, o no, a la Ciencia con mayúsculas eso le es indiferente. De modo que al lector que decía lo de que descubrimos cosas que «no son útiles en este momento pero que después pueden tener aplicación», hablando de nuevo en términos de posibilidad, pues nos es completamente indiferente. Por eso nos cuesta mucho escribir columnas como ésta, entre otras cosas).

Vamos con los ejemplos. Nos mandan demostrar que:

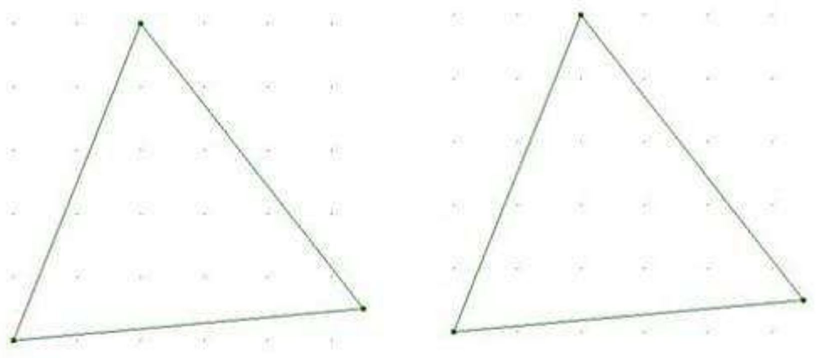
$$1+3+5+7+....+(2n-1)=n^2$$

Les dejo otra cuestión que me viene a la cabeza. Probar esto, ¿sería lo mismo que probar que la suma de números impares consecutivos es siempre un cuadrado perfecto?

Un alumno aplicado nos haría una demostración por inducción, por ejemplo. Si alguien nos hiciera un dibujo como el que mostramos a continuación, ¿serviría como demostración rigurosa?

...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
5	5	5	...		...	
3	3	5	...		...	
1	3	5	...		...	

Y la segunda: sabemos que la superficie de cualquier triángulo es la mitad de la de un rectángulo. Entonces, con dos triángulos iguales, como los dados, ¿se puede construir siempre un rectángulo? Por supuesto no vale romper, cortar, doblar o hacer ninguna maldad con esos pobres triángulos. Si no fuera posible, ¿es entonces falso el resultado?



Como reflexión final, la del escritor y filósofo **Bernard le Bovierde Fontenelle**, en 1699: «Solemos llamar inútiles a las cosas que no comprendemos. Es una especie de venganza y como en general las matemáticas y la física no son comprendidas, se las considera inútiles». A Fontenelle se le atribuye también la siguiente cita, sobre la que más de uno debería reflexionar: «No os toméis la vida demasiado en serio; de todas maneras no saldréis vivos de ésta».

Qué son la *Teoría del caos* y el *Efecto mariposa* (y cómo nos ayudan a entender mejor el universo).

Versión del artículo original de CARLOS SERRANO - @carliserrano

FUENTE: BBC NEWS | MUNDO
5 de diciembre de 2021

UNA PEQUEÑA DECISIÓN PUEDE TRAER GRANDES CONSECUENCIAS.

Imagina que vas caminando por la calle y de repente te agachas para amarrarte un cordón del zapato que llevas suelto.

Detrás de ti viene un señor caminando afanado con un café hirviendo en la mano, no se da cuenda de que estás ahí agachado, se tropieza contigo, se le derrama el café en la mano, se quema y tiene que ir a urgencias a que lo curen.

El señor del café es un piloto y por el accidente no puede llegar al vuelo que tenía programado.

El vuelo se retrasa.

Una de las pasajeras del vuelo viajaba a una entrevista de trabajo, y como no llegó a tiempo, perdió el empleo.

Otro era un hombre que viajaba a su boda y dejó a la novia plantada en el altar.

Y también había una pareja de hermanos que querían despedirse de su abuela que sufría una enfermedad terminal y no pudieron darle el último adiós.

¿Te das cuenda del caos que formaste?

FUENTE DE LA IMAGEN: GETTY.

Ese detalle aparentemente insignificante, de que te hayas amarrado el cordón justo en ese momento y en ese lugar, desató una serie de sucesos muy distintos a los que todos se esperaban.

Pero tranquilo, si algún día esto te ocurre en la vida real no vayas a sentir remordimiento, lo que ocurrió no es más que la *Teoría del caos y su Efecto mariposa en acción*.

Ambos conceptos están presentes en nuestra vida diaria, nos ayudan a entender cómo funciona el universo y sirven como principio básico para desarrollar nuevas tecnologías y aplicaciones en varias áreas del conocimiento.

Veamos de qué se trata.

EL EFECTO MARIPOSA

Comencemos por el Efecto mariposa, que ha inspirado a escritores, cineastas, artistas y también a científicos.

EN 1952 EL ESCRITOR DE CIENCIA FICCIÓN RAY BRADBURY PUBLICÓ EL CUENTO "EL SONIDO DEL TRUENO".
FUENTE DE LA IMAGEN: GETTY.

En el cuento un personaje pisa una mariposa, y ese pequeño detalle tiene grandes consecuencias, tanto que incluso hace que un líder fascista llegue al poder.

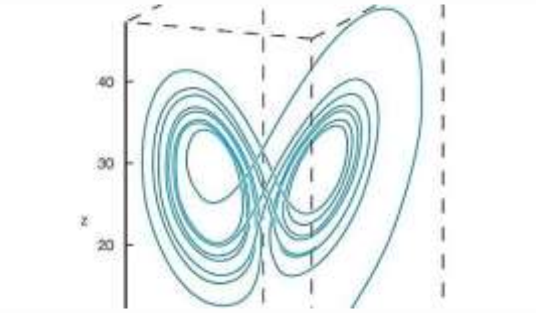
En 1961, lo que hasta entonces era ficción se convirtió en una realidad científica.

Ese año, el meteorólogo Edward Lorenz trabajaba en un modelo matemático para el pronóstico del estado del tiempo.

Para ello, introdujo en su computadora datos como la temperatura, la humedad, la presión y la dirección del viento, y observó los resultados.

Luego, volvió a introducir los datos para verificar los resultados que había obtenido la primera vez.

De manera inesperada, aunque la segunda vez había ingresado los mismos datos, obtuvo un pronóstico del tiempo totalmente diferente al primero.



LOS PATRONES EN EL MODELO METEOROLÓGICO DE LORENZ TENÍAN FORMA DE MARIPOSA.
FUENTE DE LA IMAGEN: GETTY.

Al principio ambos pronósticos se parecían, pero a medida que el modelo avanzaba en el tiempo ambos resultados eran cada vez más distintos.

¿QUÉ OCURRIÓ?

Esa diferencia tan radical entre ambos pronósticos se debió simplemente a que la segunda vez, el computador de Lorenz había redondeado los datos, es decir, tenían unos cuantos decimales menos.

Así se dio cuenta de que unas pocas décimas, aparentemente insignificantes, con el tiempo pueden significar cambios monumentales.

Para Lorenz, eso equivalía a que el viento que produce el aleteo de una mariposa en Brasil, puede desatar un tornado en Texas.

De esa manera nacía la Teoría del caos y su Efecto mariposa, que indica que pequeñísimas variaciones que pueden parecer inocuas, con el tiempo generarán enormes cambios, generando una sensación de caos.

FUENTE DE LA IMAGEN: GETTY.

TEORÍA DEL CAOS

La Teoría del Caos supuso un gran reto para la física clásica, la que se guía por las leyes de Newton.

Según estas leyes, si se conocen las condiciones iniciales de un objeto, se podrá predecir con relativa facilidad su comportamiento en el futuro.

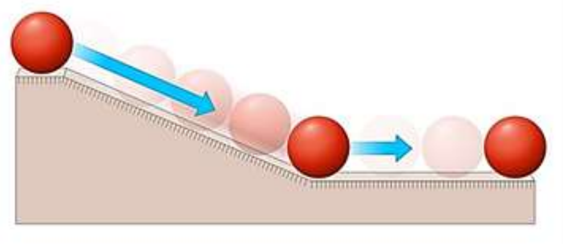
Es decir, son leyes deterministas.

Gracias a Newton, por ejemplo, se puede predecir el movimiento de los planetas, o la trayectoria de una bala.

La Teoría del caos advierte, sin embargo, que pequeñísimas variaciones iniciales con el tiempo harán imposible las predicciones.

En principio, las leyes de Newton dicen que si tienes los datos perfectos, podrás hacer predicciones.

Pero en la práctica, la Teoría del caos nos dice que como es imposible tener datos perfectos, a partir de cierto punto se vuelve imposible hacer las predicciones.



LA TEORÍA DEL CAOS SIGNIFICÓ UN DESAFÍO PARA LAS LEYES DE NEWTON. FUENTE DE LA IMAGEN: GETTY.

"La Teoría del caos es revolucionaria porque dice que incluso para la física newtoniana puede haber casos en los que en principio el determinismo es cierto, pero en la práctica el sistema parece comportarse de manera tan impredecible como lanzar unos dados", le dijo a BBC Mundo Paul Halpern, profesor de física en la Universidad de las Ciencias en Filadelfia, Estados Unidos.

CAOS PERO NO DESORDEN

La Teoría del caos es un principio que se aplica a lo que los matemáticos llaman "sistemas dinámicos".

Un sistema dinámico es cualquier conjunto de sucesos que cambian o evolucionan con el tiempo, como por ejemplo el estado del tiempo, o la población de una ciudad.

Cuando ese sistema es muy sensible a las variaciones de las condiciones iniciales, se le llama un sistema caótico.

Pero aunque el caos haga parecer que las cosas se vuelven aleatorias, desordenadas o impredecibles, lo cierto es que el caos va creando patrones.

CAOS NO ES LO MISMO QUE DESORDEN. EN EL CAOS SE PUEDEN ENCONTRAR PATRONES.
FUENTE DE LA IMAGEN: GETTY.

Por más caótico que parezca, un sistema sigue una trayectoria hacia determinados puntos.

A esos puntos a los que el sistema tiende a ir se les conoce como "atractores".

En el caso de Lorenz, por ejemplo, los cálculos que utilizó para su modelo fueron creando un patrón que coincidencialmente parecía las alas de una mariposa.

El conjunto de atractores de un sistema forma los llamados "fractales".

FRACTALES

"Un fractal es algo que es 'autosimilar'', explicó Halpern.

Es un objeto matemático en el que, si miras de cerca cualquier sección, esa sección en sí misma se parece al objeto completo.

"Un fractal perfecto es el que al hacer *zoom in*, se vea exactamente lo mismo que al hacer *zoom out*", dijo el experto.

"Algunos de los atractores se ven como fractales".

LA NATURALEZA ESTÁ LLENA DE FRACTALES. ESTE, POR EJEMPLO, SON LOS FRACTALES QUE CONFORMAN UN BRÓCOLI.
FUENTE DE LA IMAGEN: GETTY.

LLEGANDO AL LÍMITE

En la vida diaria, la Teoría del caos "nos sirve para conocer los límites de nuestro conocimiento", dijo Halpern.

En el estado del tiempo, por ejemplo, es útil para saber en qué punto un pronóstico del tiempo comienza a perder precisión.

Halpern también mencionó que el concepto de los patrones que van creando los atractores, sirve de base para investigaciones en medicina en las que se busca hacer predicciones de lo que puede ocurrir con la salud de una persona con base en datos que vayan obteniendo.

LA TEORÍA DEL CAOS NOS PUEDE LLEVAR A PREGUNTAS EXISTENCIALES.
FUENTE DE LA IMAGEN: GETTY.

Los fractales, por su parte, son muy utilizados en el desarrollo de tecnología digital, telecomunicaciones, producción de imágenes de alta definición y hasta en el desarrollo de modelos cosmológicos.

Y si vamos más allá, la Teoría del caos nos lleva a preguntas existenciales.

"Nos muestra que incluso si tenemos un determinismo perfecto, hay vacíos en nuestro conocimiento, hay vacíos a la hora de predecir el futuro", dijo Halpern.

Para algunos, dijo el profesor, este es un argumento para demostrar que existe el libre albedrío, pero eso ya sería una discusión más caótica.

FÍSICOS NOTABLES

Ganadores del Premio Nobel en Física 2001:

Eric Allin Cornell, Carl Edwin Wieman y Wolfgang Ketterle

Por sus trabajos en los condensados de materia Bose-Einstein (BEC).

Fuentes: EcuRed - Wikipedia.

ERIC ALLIN CORNELL

Eric Allin Cornell. Físico. Nació el 19 de diciembre de 1961 en Palo Alto, California, EE. UU. Doctorado en 1990 en el Massachusetts Institute of Technology. En el momento de la concesión del Nobel, era "sénior scientist" del NIST (National Institute of Standards and Technology) y profesor adjunto de la Universidad de Colorado, en Boulder.

En 1995, Cornell y Wieman consiguieron por primera vez producir un gas compuesto por unos 2.000 átomos de *rubidio* a una temperatura de tan sólo 0,00000002 grados Kelvin. A esta temperatura y según lo predicho por los estudios Bose-Einstein, la energía de los átomos es ínfima por lo que su función de onda (de la dualidad onda corpúsculo prevista por Schrödinger) es lo suficientemente grande para que interactúe con la de los átomos vecinos. En estas condiciones, las funciones atómicas individuales se sincronizan y se produce una coherencia entre las propiedades individuales de los átomos que aparecen en una situación especial de materia, la cual ha venido a llamarse condensada. El hecho de que la función de onda de los átomos se aunara animó a los físicos a afirmar, de forma metafórica, que los átomos "cantaban al unísono". El fenómeno es similar en algunos aspectos al láser, en el que los fotones de la radiación luminosa se hacen coherentes en dirección y fase.

Wolfgang Ketterle trabajó también sobre los BEC y, aunque publicó sus resultados cuatro meses después de Wieman y Cornell, obtuvo mayores cantidades de los mismos lo que le permitió llegar más lejos en el estudio de sus propiedades. Por esta razón, la academia sueca lo laureó en conjunto a los tres investigadores.

Las aplicaciones de los BEC, independientemente del aporte que significa la confirmación práctica de una teoría, no están claras todavía, aunque se especula sobre su aplicación en la metrología de precisión y en nanotecnología.

CARL E. WIEMAN

Carl Edwin Wieman. Físico. Nació el 26 de marzo de 1951, en Corvallis, Oregón, EE. UU. Obtuvo el doctorado en física en 1977 en la Universidad de Stanford (California) y en el momento de la concesión del Premio Nobel era profesor de física en la Universidad de Colorado en Boulder. Eric A. Cornell, con quien compartió el galardón, era miembro de su equipo investigador, y también lo compartió con el alemán Wolfgang Ketterle, quien trabajaba independientemente con su propio equipo en el MIT, consiguieron la condensación Bose-Einstein en un gas diluido de átomos de sodio y además hicieron un estudio fundamental de las propiedades de los condensados.

Cornell y Wieman consiguieron por primera vez en 1995 producir un gas compuesto por unos 2.000 átomos de *rubidio* a una temperatura de tan sólo 0,00000002 grados Kelvin. A esta temperatura, y según lo predicho por los estudios Bose-Einstein, la energía de los átomos es ínfima, por lo que su longitud de onda, de la dualidad formulada por De Broglie, es lo suficientemente grande para que interactúe con la de los átomos vecinos.

En estas condiciones, las funciones atómicas individuales se sincronizan y se produce una coherencia entre las propiedades individuales de los átomos que aparecen en una situación especial de materia, la cual ha venido a llamarse condensada. El hecho de que la función de onda de los átomos se aunara animó a los físicos a afirmar, de forma metafórica, que los átomos "cantaban al unísono". El fenómeno es similar en algunos aspectos al láser, forma especial de radiación luminosa cuyos fotones son coherentes en dirección y fase.

WOLFGANG KETTERLE

Wolfgang Ketterle. Físico. Nació el 21 de octubre de 1957 en Heidelberg, Baden-Württemberg, Alemania. Profesor de física en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Su investigación se ha centrado en experimentos que atrapar átomos y enfriar a temperaturas cercanas al cero absoluto, y formaba parte de los primeros grupos que se dieron cuenta de la Bose-Einstein en estos sistemas en 1995. Por este logro, así como los primeros estudios fundamentales de condensados, fue galardonado con el Premio Nobel de Física en 2001, junto con Eric AllinCornell y Carl Wieman.

Ketterle asistió a la escuela en Eppelheim y Heidelberg. En 1976 ingresó en la Universidad de Heidelberg, antes de trasladarse a la Universidad Técnica de Múnich dos años más tarde, donde obtuvo su diploma de maestría en 1982. En 1986 obtuvo un doctorado en espectroscopia molecular experimental bajo la dirección de Herbert Walther y FiggerHartmut en el Instituto Max Planck de Óptica Cuántica en Garching, antes de realizar una investigación postdoctoral en Garching, y en la Universidad de Heidelberg.

En 1990 se unió al grupo de David E. Pritchard en el Laboratorio de Investigación de Electrónica del MIT (RLE). Se le otorgó un cargo en la facultad de física del MIT en 1993. Desde 1998 ha sido profesor John D. MacArthur de Física. En 2006, fue nombrado Director Asociado de RLE, y comenzó a desempeñarse como director del Centro del MIT para átomos ultra-fríos.

Después de alcanzar la condensación Bose-Einstein en gases diluidos en 1995, su grupo estabaue en 1997 en condiciones de demostrar la interferencia entre dos colisiones de condensados, así como la primera realización de un "láser de átomo", el análogo atómico de un láser óptico. Además de las investigaciones en curso sobre la Bose-Einstein en los átomos ultra-fríos, sus logros más recientes han incluido la creación de un condensado Bose molecular en el año 2003, así como un experimento de 2005 proporcionando pruebas de "alta temperatura" superfluidez en un fermiónico condensado.

Wolfgang Ketterle es también un corredor de maratones; apareció en la edición de Diciembre 2009 de la RunnersWorld*"Soy un Runner"*. Ketterle habló de llevar sus zapatos de correr a Estocolmo cuando recibió el Premio Nobel y sentirse feliz de correr en las primeras horas de la noche.

Contra todo pronóstico, la física cuántica es igual para todo el mundo.

Un nuevo estudio demuestra que los observadores cuánticos, pese a trabajar en un mundo probabilístico, deben llegar todos a las mismas conclusiones.

Versión del artículo original de ALBERTO ASPARICI - @cienciabrujula

TOMADO DE: La Razón - Ciencias – 12 de diciembre de 2021

NIELS BOHR (IZQUIERDA) Y ALBERT EINSTEIN (DERECHA) DEBATIERON INCANSABLEMENTE SOBRE EL SIGNIFICADO Y LOS LÍMITES DE LA TEORÍA CUÁNTICA, Y SUS DISCUSIONES EN LAS DÉCADAS DE 1920 Y 1930 SE HAN CONVERTIDO EN LEGENDARIAS. HOY, CASI CIEN AÑOS DESPUÉS, LOS FÍSICOS SIGUEN HACIÉNDOSE PREGUNTAS SOBRE LA TEORÍA, CADA VEZ MÁS REFINADAS Y, A VECES, MÁS EXTRAÑAS. CRÉDITO FOTO: PAUL EHRENFEST.

La teoría cuántica es famosa por cambiar de forma radical las reglas del juego de la física: las partículas dejan de ser puntitos que se mueven por el espacio, y pasan a ser ondas; propiedades físicas aparentemente distintas, como la posición y la velocidad, resultan estar relacionadas; a veces uno puede superar un obstáculo aunque no tenga energía suficiente para hacerlo; es posible incluso que el propio espacio y el tiempo sean una propiedad cuántica de los objetos. Uno de los cambios más fuertes que nos trae la cuántica es que es una teoría de *probabilidades*: en muchos casos la teoría no nos predice un valor para las magnitudes físicas, sino una lista de posibles valores y cuán probable es cada uno de ellos. Por ejemplo, podemos tener un rayo de luz, y su color será rojo con una probabilidad del 75% y verde con una probabilidad del 25%. ¿De qué color es el rayo? La cuántica nos sugiere que esa pregunta no tiene sentido: parece una pregunta sensata, pero la realidad funciona de otra manera.

Este carácter probabilístico de la teoría cuántica da lugar a preguntas un poco inquietantes. Imaginemos que tenemos dos rayos de luz como el de hace un momento, los dos completamente idénticos, y se los damos a dos personas diferentes. Ahora le preguntamos a ambas de qué color es el rayo, y una nos dice que es rojo y la otra que es verde. Han observado el mismo objeto, pero están en desacuerdo absoluto sobre sus propiedades. ¿Quiere decir esto que la realidad depende del observador? La cuántica ¿nos condena a que no hay una física, sino muchas?

La realidad y lo que sabemos de ella

La respuesta que nos da la teoría es que no debemos preocuparnos: **la propiedad cuántica genuina del rayo de luz no es su color, sino la probabilidad de cada color**. No hay contradicción en que dos observadores aislados vean dos colores diferentes. Lo que han de hacer esos observadores es tomar cien rayos de luz cada uno y comprobar que, efectivamente, 75 serán rojos y 25 serán verdes. En eso sí estarán de acuerdo.

La noción de que diferentes "observadores de la física" deberían estar de acuerdo en lo que están viendo es importante. Esencialmente, nos apunta a que la física no es contradictoria, a que existe una "realidad física" de la que todos los observadores extraen información. Esto es así, efectivamente, en física clásica (las leyes de la física anteriores a la teoría cuántica): en el mundo clásico cada propiedad física tiene un valor único y bien definido, y se puede demostrar que todos los observadores, al razonar a partir de esos valores bien definidos, van a estar de acuerdo en que sus predicciones son compatibles. Puede ocurrir, desde luego, que alguien se equivoque al hacer una medida, o que cometa un error en un cálculo, pero eso son fallos circunstanciales y meramente humanos; **no hay nada fundamental en la física que evite que "observemos la realidad", que es una y la misma para todos**. Incluso cuando dos observadores parten de informaciones diferentes, por ejemplo porque uno ha medido antes y otro después, la teoría clásica permite usar las ecuaciones de la física para "explorar la realidad", deducir qué es lo que vio la otra persona en el pasado y comprobar que es compatible con lo que nosotros hemos visto. La física clásica, pues, es terreno seguro.

En cambio, con la física cuántica la cosa no está tan clara. Esto de que dos personas observen dos rayos de luz idénticos y uno lo vea rojo y el otro verde… ¿es compatible con que haya una "única realidad" en ese rayo de luz? Cabría pensar que el rayo "participa de dos realidades", una en la que es rojo y otra en la que es verde. Experimentos más complejos que éste, utilizando entrelazamiento cuántico, sugieren que, efectivamente, la realidad en física cuántica es más complicada que la clásica. Algunos físicos opinan que deberíamos renunciar por completo a esta idea de que "existe una realidad subyacente" en la que el rayo tiene un solo color. **No es que esta gente defienda que no existe la realidad: más bien dicen que la realidad cuántica no necesita que las propiedades físicas tengan un valor único y bien definido en todo momento**. Todavía no hay consenso sobre si estas ideas son acertadas o no, pero lo cierto es que nos pintan un mundo en el que es razonable que los observadores pudieran estar en desacuerdo. Si no hay una única realidad a la que remitirse ¿podemos estar seguros de que personas distintas verán la misma física?

Otro elemento que complica aún más la cuestión es que en física cuántica parece más difícil "ponerse en el lugar del otro". Pensemos lo siguiente: cuando observamos este rayo de luz que estamos poniendo como ejemplo todo el rato, se diría que parte de la información que había en él desaparece. Digamos que lo hemos visto de color verde. En esa observación no queda *nada* del hecho de que el 75% de las veces saldría rojo; es perfectamente compatible con que el rayo sea verde un 90% de las veces y amarillo el restante 10%. Sólo cuando repetimos la observación muchas veces obtenemos la información completa. Ahora imaginemos que queremos deducir la información que tenía otra persona que midió hace dos días. ¿Cuántas veces, en esos dos días, se ha perdido información que no podemos recuperar? **¿Estamos seguros de poder reconstruir lo que la otra persona sabía?** Si no somos capaces de hacerlo ¿estamos seguros de llegar a las mismas conclusiones que ella?

Acuerdo cuántico

Eso es precisamente lo que aborda un artículo que se publicó en la revista Nature Communications, en el que participó Patricia Contreras. En él utilizan herramientas de teoría de la información para demostrar que los observadores cuánticos pueden superar estos obstáculos y, como mínimo, no estar conformes con que otro observador les contradiga. Dicho de otra manera: **los observadores cuánticos deben llegar a las mismas conclusiones cuando calculan *probabilidades*, y si alguien no coincide con ellos lo racional es pensar que uno de los dos se ha equivocado**.

La clave de esta demostración está en la noción de *certidumbre compartida*. Para que dos observadores obtengan resultados distintos y estén conformes con que eso está bien hace falta que estén seguros de varias cosas. Cada observador, desde luego, debe estar seguro de que su resultado está bien. Pero también cada uno debe estar de acuerdo en que *el otro* ha hecho bien sus cálculos, o de lo contrario le acusarían de haber cometido un error. Es más: cada uno debe estar seguro de que el otro está seguro del resultado de su rival; de lo contrario, se dirían a sí mismos *"El otro todavía se lo está pensando. ¿Y si me dice que he cometido un error?"*. Este proceso se puede continuar con frases cada vez más complicadas y más parecidas a un trabalenguas, pero el resumen es: **para estar de acuerdo en que nuestros resultados son distintos y convenir que eso es lo lógico y racional hace falta que ambos observadores aprueben su propio proceso de razonamiento y el del otro**. Decir *"pues mira, nos da a cada uno una cosa, será que la realidad no existe"* no es un debate racional, es ser demasiado perezoso como para sentarse y ver qué está pasando. El verdadero desacuerdo es algo mucho más serio, y las leyes de la física cuántica, por extrañas que sean, no lo permiten.

Fijémonos en que este resultado no se pronuncia sobre el carácter de la realidad subyacente. Seguimos sin saber si hay una realidad, si hay varias, o si esa frase ni siquiera tiene sentido, pero por lo menos sabemos que nosotros, observadores de esa presunta realidad, debemos llegar a las mismas conclusiones si hacemos bien nuestro trabajo. Resulta, en cierta manera, reconfortante, y quizá apunta a que el debate sobre el carácter de la realidad no es muy relevante para la física, que se basa en observaciones y en los razonamientos que podemos hacer a partir de ellas. Desde Einstein, la física ha ido poniendo cada vez más énfasis en el observador como intermediario necesario para conocer el mundo. Tal vez éste es un paso más en esa dirección.

PARA QUE NO TE LA CUELEN (PARA QUE NO TE ENGAÑEN).

- En un primer vistazo podríamos pensar que la física trata sobre los objetos que hay en el mundo y cómo se comportan, pero ésta es una mirada un tanto inocente. Es más correcto decir que la física trata sobre las propiedades *que podemos observar* de esos objetos, y cómo se relacionan unas con otras. Lo que no es observable es irrelevante para la física, aunque pueda ser muy interesante desde otros puntos de vista. Por eso es tan importante reflexionar sobre los observadores, qué cosas pueden observar y qué cosas pueden deducir de lo que observan. En última instancia, esas observaciones son lo único que tenemos para hacer física.
- Precisamente por lo que acabamos de decir, porque la física trabaja con propiedades que podemos observar, nociones como "la realidad" o "la existencia" de tal o cual cosa son extremadamente resbaladizas para la física. ¿Es "real" un objeto por el hecho de que podemos observarlo, o lo que es real es el propio acto de observación? ¿Existen los objetos o lo que existen son sus propiedades, que es lo que observamos? La física, en sentido estricto, no tiene respuesta a estas preguntas. Aun así, muchos físicos se han planteado preguntas similares y han buscado en las teorías físicas pistas que apunten en una dirección o en otra. En este artículo hemos señalado algunas de estas cuestiones, pero es importante mantener en mente que no son preguntas de física y que no podemos encontrar en ella las respuestas.

REFERENCIAS

- Patricia Contreras Tejada et al. Observers of quantum systems cannot agree to disagree. Nature Communications, vol. 12, artículo nº 7021 (**2021**)
- Robert Aumann. Agreeing to Disagree. Annals of Statistics, vol. 4, nº 6, pp. 1236-1239 (**1976**)

QUÍMICOS DESTACADOS

Ganadores del Premio Nobel en Química 2003:

Roderick MacKinnon y Peter Agre

Por el estudio de los canales de potasio que regulan el transporte de señales electroquímicas en el organismo, esencial para el sistema nervioso y el funcionamiento de los músculos.

FUENTES: EcuREd - Wikipedia

RODERICK MACKINNON

Roderick MacKinnon. Bioquímico. Nació el 19 de febrero de 1956 en Burlington, Massachusetts, EE. UU. Estudió en la Universidad de Massachussets, pero al cabo de un año, escogió la Universidad de Brandeis, para intensificar sus estudios en Ciencias. En 1978 recibió un grado honorífico cuando presentó un trabajo sobre el transporte de calcio para su tesis, preparada en el Laboratorio Christopher Miller. Allí conoció a su futura esposa, con la que compartía investigaciones. Ingresó a continuación en la Universidad de Tufos, para formarse en la escuela de Medicina, donde obtuvo su licenciatura en 1982 después de hacer sus prácticas en el Hospital Beth Israel de Boston. No se sintió realizado en la profesión médica, y regresó al laboratorio Miller para continuar con sus estudios pos doctorales.

En 1989 fue asignado profesor asistente en la Universidad de Harvard, donde estudió la interacción de las toxinas del veneno de escorpión con los canales del potasio, familiarizándose con métodos para purificar proteínas y con la cristalografía de rayos X.

En 1996 se trasladó a la Universidad Rockefeller para ocupar el cargo de Jefe de Laboratorio de Neurobiología Molecular y Biofísica. Se abocó al estudio en profundidad del canal de potasio, de enorme importancia para el sistema nervioso y el corazón. Estos canales funcionan dejando paso al potasio y bloqueando moléculas de sodio, que son paradójicamente más pequeñas. MacKinnon y su equipo construyó el modelo tridimensional de la molécula de potasio, lo que dio pie a que la revista científica Science calificara este desarrollo como "una de las mejores historias en la Ciencia en 1998".

Además del Premio Nobel, ha recibido los siguientes premios: el Albert Lasker por Investigación Básica en Medicina (1999), el Rosenstiel (2000), de la Fundación Gairdner (2001) y el LouisaGrossHorwitz de la Universidad de Columbia (2003).

PETER AGRE

Peter Agre. Biólogo. Nació el 30 de enero de 1949 en Northfield, Minnesota, EE. UU.Hijo de una familia de inmigrantes provenientes de Suecia y Noruega, sus abuelos se mudaron a Minneapolis, donde su padre obtuvo licenciatura en Química por la Universidad de Minnesota. Sus padres, de confesión luterana, se conocieron en la congregación religiosa. Después de la Segunda Guerra Mundial, se trasladaron a Northfield, a una comunidad de emigrados escandinavos, donde la familia se estableció, teniendo 5 niños, siendo Peter el mayor.

Desde pequeños, el padre les llevaba a las instalaciones de la fábrica, donde preparaba demostraciones de experimentos, por lo que a Peter no le quedaron dudas acerca de su futuro.

Estudió en la Theodore Roosevelt High School, sus estudios de Biología los realizó en el Augsburg College de Minneapolis, realizando posteriormente un máster de la especialidad en 1974, en la Universidad Johns Hopkins en Baltimore.

En 2005 fue nombrado vicerrector de la Universidad de Duke.

Durante su formación universitaria conoce a su futura esposa, Mary McGill, viróloga, con la que se casa en 1975.

Al contraer matrimonio se asienta en Cleveland Heights, Ohio, y prosigue sus prácticas en el hospital Case Western de Cleveland. Aceptó una beca en Hematología y Oncología en la Universidad de Carolina del Norte (UNC), mudándose a Chapel Hill en junio de 1978. Trabajó simultáneamente en el hospital militar de Fort Bragg, y en esa localidad nacieron sus dos hijas mayores.

Se incorpora en tareas docentes como profesor a partir de 1981 en la Universidad Johns Hopkins en Baltimore. Había elegido esta universidad por la posibilidad de formarse en la lucha contra las enfermedades tropicales y los problemas de salud internacionales. Antes, había viajado en solitario por Japón, Taiwán, Laos, Tailandia, Ceylán, India, Pakistan, Afganistán e Irán, llegando finalmente a Estambul, completamente debilitado por enfermedades comunes de los viajeros, incluyendo hepatitis.

A pesar de haber confesado que el trabajo con pacientes terminales le resultaba deprimente, sus evaluaciones sobre estudios de membranas con deficiencia de espectrina fueron publicadas en el *New England Journal of Medicine*, lo que reforzó su interés en seguir con la investigación biomédica. En 1981 optó por una beca que significaba una reducción de un 40% en sus ingresos, dejó un trabajo en el laboratorio Wellcome, vendieron su casa, y se trasladaron a Baltimore para continuar investigando en J. Hopkins. Para incrementar sus magros ingresos, trabajó como asistente médico en peleas de box nocturnas.

Junto con sus ayudantes, Agre pudo hacer evolucionar sus estudios sobre la correlación de la deficiencia en espectrina con las enfermedades que indicaban esferocitosis. Artículos suyos fueron apareciendo en *Nature*y en la *New England Journal of Medicine*. Estando de vacaciones, visitó a su anterior jefe, John Parker, de la Universidad de Carolina del Norte, y al comentarle problemas celulares que le intrigaban, Parker le contestó que tal vez la proteína 28 kDa era un canal para el agua. Esta idea abrió todo un nuevo campo de investigaciones, y tras diversas comprobaciones junto a Greg Preston, pudieron corroborarlo, y enviaron un trabajo que fue publicado por Science en abril de 1992. En la lectura de presentación en la American Society of Clinical Investigation, mencionaron el nombre aquaporina por primera vez, y fue designada oficialmente como AQP1. En la siguiente década, fue intinerando exhaustivamente por el país, dando una serie interminable de conferencias, más de 250, en universidades, institutos, reuniones científicas, lo que en algún momento motivó a su padre el comentario de que tanta notoriedad podría hacerlo merecedor de un Premio Nobel de Química, lo que ocurrió obteniendo uno en la fecha 8 de octubre de 2003 compartido con Roderick MacKinnon.

LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD (Entrada 27)

El tensor métrico.

Versión de la publicación hecha por ARMANDO MARTÍNEZ TÉLLEZ el18 Marzo de 2009
Documento en línea: http://teoria-de-la-relatividad.blogspot.com/2009/03/18-el-calculo-tensorial

La distancia $\|\mathbf{PQ}\|$ entre dos puntos $P(x_1, y_1, z_1)$ y $Q(x_2, y_2, z_2)$ especificados en un espacio de tres dimensiones en coordenadas rectangulares Cartesianas (x,y,z) se obtiene mediante la aplicación directa del teorema de Pitágoras en tres dimensiones:

$$\|\mathbf{PQ}\|^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$$

Esta misma definición se puede extender sin dificultad alguna hacia un espacio de cuatro dimensiones en el cual por conveniencia notacional usaremos una representación de los componentes en coordenadas generalizadas (x^1, x^2, x^3, x^4) estando el punto P especificado como $P(x^1, x^2, x^3, x^4)$ y estando especificado el punto Q como $Q(y^1, y^2, y^3, y^4)$

$$\|\mathbf{PQ}\|^2 = (x^1 - y^1)^2 + (x^2 - y^2)^2 + (x^3 - y^3)^2 + (x^4 - y^4)^2$$

Utilizando el símbolo δ_{ij} de Kronecker y la convención de sumación, podemos expresar esta distancia en un espacio de cuatro dimensiones de una manera más compacta:

$$\|\mathbf{PQ}\|^2 = \delta_{ij}\Delta x^i \Delta x^j$$

Esta fórmula es válida cuando usamos coordenadas Cartesianas rectangulares en un espacio de cuatro dimensiones, y la distancia $\|\mathbf{PQ}\|$ entre los puntos P y Q es preservada (como el número escalar que es) bajo una transformación que nos cambia de un marco de referencia S a otro marco de referencia S'. Pero en otro sistema de coordenadas (por ejemplo, coordenadas esféricas), la fórmula deja de funcionar en su preservación de la distancia entre dos puntos, y la distancia entre dos puntos bajo tal sistema no-Cartesiano de coordenadas no es la misma en un sistema de referencia S y otros sistema de referencia S' en dicho sistema de coordenadas.

La pregunta que nos hacemos ahora es: ¿cómo podemos redefinir la fórmula de la distancia $\|\mathbf{PQ}\|$ entre dos puntos en un espacio n-dimensional de modo tal que dicha fórmula sea capaz de preservar la distancia entre dos puntos al ir de un sistema de referencia S a otro sistema de referencia S', de modo tal que dicha fórmula general se reduzca al caso ya conocido para las coordenadas Cartesianas?

La respuesta resulta ser mucho más sencilla de lo que muchos pudieran suponer. Basta con introducir en la fórmula que ya tenemos para la distancia entre dos puntos un factor que denominaremos g_{ij} con el cual la fórmula queda redefinida de la manera siguiente:

$$\|\mathbf{PQ}\| = g_{ij}\Delta x^i \Delta x^j$$

Para el caso específico en el cual estamos utilizando coordenadas Cartesianas, el factor g_{ij} se reduce al símbolo δ_{ij} de Kronecker, y representando sus componentes en una matriz cuadrada 4x4 tenemos esencialmente lo que equivale a una matriz unitaria:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

y la fórmula para la distancia entre dos puntos P y Q se convierte en lo que ya había sido señalado anteriormente. Pero para otras distancias medidas en un espacio-tiempo plano, los componentes de este factor g_{ij} pueden cambiar ligeramente. Tal es el caso del espacio-tiempo plano propio de la Teoría Especial de la Relatividad, en el cual si definimos a la distancia entre dos *eventos* de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} ds^2 &= -c^2 dt^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2 \\ ds^2 &= dr^\mu dr_\mu \\ ds^2 &= g_{\mu\nu} dr^\mu dr^\nu \end{aligned}$$

Tenemos entonces el siguiente factor g_{ij} que preserva la distancia de un marco de referencia S a otro marco de referencia S':

$$g = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Este factor g_{ij}, el cual es especificado en su totalidad en un espacio de cuatro dimensiones por 16 componentes, es mejor conocido como el **tensor métrico**. La distancia ds² sobre la cual está definido el tensor métrico es conocida ya sea como el **elemento de línea** y más frecuentemente como la **métrica**.

*La métrica es todo lo que necesitamos ver para saber si el espacio-tiempo en el que estamos trabajando es un espacio-tiempo **plano** propio de la Teoría Especial de la Relatividad o un espacio-tiempo **curvo** propio de la Teoría General de la Relatividad.*

A continuación tenemos el tensor métrico para describir *en coordenadas esféricas* (r,θ,φ) el espacio-tiempo en torno un hoyo (agujero) negro tipo Schwarzschild de masa M:

$$g = \begin{bmatrix} -(1 - \frac{2GM}{rc^2}) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (1 - \frac{2GM}{rc^2})^{-1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & r^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & r^2 \sin^2\theta \end{bmatrix}$$

Podemos ver de inmediato que todas las entradas diagonales de este tensor métrico conocido también como la **métrica de Schwarzschild** son diferentes. La entrada que más nos puede llamar la atención es la entrada que corresponde al segundo renglón y la segunda columna, la entrada g_{22}, en la cual tenemos a la cantidad:

$$1/(1 - 2GM/rc^2)$$

No se requiere de mucho esfuerzo para ver que, para cierto valor del radio r dado por:

$$r = 2GM/c^2$$

tenemos lo que equivale a una singularidad matemática, una división entre cero, algo que nos estalla en las manos yéndose hasta el infinito. *De esto es de lo que tratan precisamente los agujeros negros en la fábrica del tiempo-espacio curvo*, son singularidades matemáticas incapaces de ser descritas con herramientas de medición finitas.

PROBLEMA: *Expresar la métrica Euclidiana en coordenadas polares.*

La métrica Euclidiana:

$$ds^2 = (dx)^2 + (dy)^2$$

expresada en coordenadas polares (r, θ) para las cuales:

$$x = r\,\mathrm{sen}\theta$$
$$dx = (r \cos\theta)\,(d\theta) + (\mathrm{sen}\theta)\,(dr)$$
$$y = r \cos\theta$$
$$dy = (-r\,\mathrm{sen}\,\theta)\,(d\theta) + (\cos\theta)\,(dr)$$

será:

$$ds^2 = [(r \cos\theta)(d\theta) + (\mathrm{sen}\,\theta)(dr)]^2 + [(-r\,\mathrm{sen}\,\theta)(d\theta) + (\cos\theta)(dr)]^2$$
$$= r^2 \cos^2\theta\, d\theta^2 + 2r\,\mathrm{sen}\,\theta \cos\theta\, d\theta dr + \mathrm{sen}^2\theta\, dr^2 + r^2\,\mathrm{sen}^2\theta\, d\theta^2 - 2r\,\mathrm{sen}\,\theta\cos\theta\, d\theta dr + \cos^2\theta\, dr^2$$
$$ds^2 = (\mathrm{sen}^2\theta + \cos^2\theta)\, dr^2 + r^2(\mathrm{sen}^2\theta + \cos^2\theta)\, d\theta^2$$
$$ds^2 = dr^2 + r^2\, d\theta^2$$

en donde hemos usado la identidad trigonométrica:

$$\mathrm{sen}^2\theta + \cos^2\theta = 1$$

Puesto que el elemento de línea puede ser re-escrito como:

$$ds^2 = 1\cdot(dr)(dr) + 0\cdot(dr)(d\theta) + 0\cdot(d\theta)(dr) + r^2\cdot(d\theta)(d\theta)$$
$$ds^2 = g_{rr}\cdot(dr)(dr) + g_{r\theta}\cdot(dr)(d\theta) + g_{\theta r}\cdot(d\theta)(dr) + g_{\theta\theta}\cdot(d\theta)(d\theta)$$

la representación matricial G de la métrica es la siguiente:

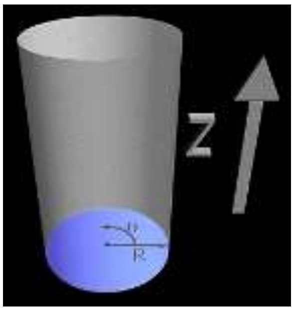
$$G = \begin{bmatrix} g_{rr} & g_{r\theta} \\ g_{\theta r} & g_{\theta\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & r^2 \end{bmatrix}$$

PROBLEMA: *Obténgase la métrica Euclidiana que corresponde a un elemento de línea trazado sobre la superficie de un cilindro.*

La métrica Euclidiana:

$$ds^2 = (dx)^2 + (dy)^2 + (dz)^2$$

expresada en coordenadas cilíndricas (r, θ, z):



para las cuales:

$$x = r \cos\theta$$
$$dx = (-r\,\mathrm{sen}\,\theta)\,(d\theta) + (\cos\theta)\,(dr)$$
$$y = r\,\mathrm{sen}\theta$$
$$dy = (r\cos\theta)\,(d\theta) + (\mathrm{sen}\theta)\,(dr)$$
$$z = z$$
$$dz = dz$$

será:

$$ds^2 = [(-r\,\mathrm{sen}\theta)(d\theta) + (\cos\theta)(dr)]^2 + [(r\cos\theta)(d\theta) + (\mathrm{sen}\theta)(dr)]^2 + (dz)^2$$
$$ds^2 = r^2\,\mathrm{sen}^2\theta\, d\theta^2 - 2r\,\mathrm{sen}\theta\cos\theta\, d\theta dr + \cos^2\theta\, dr^2 + r^2\cos^2\theta\, d\theta^2 + 2r\,\mathrm{sen}\theta\cos\theta\, d\theta dr + \mathrm{sen}^2\theta\, dr^2 + dz^2$$
$$ds^2 = (\mathrm{sen}^2\theta + \cos^2\theta)\, dr^2 + r^2(\mathrm{sen}^2\theta + \cos^2\theta)\, d\theta^2 + dz^2$$
$$ds^2 = dr^2 + r^2\, d\theta^2 + dz^2$$

La métrica Euclidiana que corresponde a un elemento de línea trazado sobre la superficie de un cilindro corresponde a un elemento para el cual la distancia al eje z (que corresponde al radio del cilindro es constante), con lo cual dr=0, y será:

$$ds^2 = dr^2 + r^2\, d\theta^2 + dz^2$$
$$ds^2 = r^2\, d\theta^2 + dz^2$$

Puesto que el elemento de línea puede ser re-escrito como:

$$ds^2 = r^2\cdot(d\theta)(d\theta) + 0\cdot(d\theta)(dz) + 0\cdot(dz)(d\theta) + 1\cdot(dz)(dz)$$
$$ds^2 = g_{\theta\theta}\cdot(d\theta)(d\theta) + g_{\theta z}\cdot(d\theta)(dz) + g_{z\theta}\cdot(dz)(d\theta) + g_{zz}\cdot(dz)(dz)$$

la representación matricial G de la métrica es la siguiente:

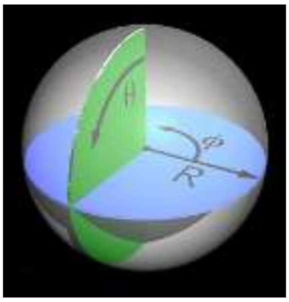
$$G = \begin{bmatrix} g_{\theta\theta} & g_{\theta z} \\ g_{z\theta} & g_{zz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r^2 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

PROBLEMA: *Expresar la métrica Euclidiana en coordenadas esféricas.*

La métrica Euclidiana:

$$ds^2 = (dx)^2 + (dy)^2 + (dz)^2$$

expresada en coordenadas esféricas (r, φ, θ):



$$x = r\ \text{sen}\theta\cos\varphi$$
$$dx = \text{sen}\theta\cos\varphi dr + r\ \cos\theta\cos\varphi d\theta - r\ \text{sen}\theta\cos\varphi d\varphi$$
$$y = r\ \text{sen}\theta\text{sen}\varphi$$
$$dy = \text{sen}\theta\text{sen}\varphi dr + r\ \cos\theta\text{sen}\varphi d\theta + r\ \text{sen}\theta\cos\varphi d\varphi$$
$$z = r\cos\theta$$
$$dz = \cos\theta dr - r\ \text{sen}\theta d\theta$$

será:

$$ds^2 = (\text{sen}\theta\cos\varphi dr + r\ \cos\theta\cos\varphi d\theta - r\ \text{sen}\theta\cos\varphi d\varphi)^2 + (\text{sen}\theta\text{sen}\varphi dr + r\ \cos\theta\text{sen}\varphi d\theta + \text{sen}\theta\cos\varphi d\varphi)^2 + (\cos\theta dr - r\ \text{sen}\theta d\theta)^2$$

Después de un poco de álgebra laboriosa, encontramos que el elemento de línea en coordenadas esféricas está dado por:

$$ds^2 = dr^2 + r^2\, d\theta^2 + r^2\, \text{sen}^2\theta\, d\varphi^2$$

Puesto que el elemento de línea puede ser re-escrito como:

$$ds^2 = 1\cdot(dr)(dr) + 0\cdot(dr)(d\theta) + 0\cdot(dr)(d\varphi) + 0\cdot(d\theta)(dr) + r^2\cdot(d\theta)(d\theta) + 0\cdot(d\theta)(d\varphi) + 0\cdot(d\varphi)(dr) + 0\cdot(d\varphi)(d\theta) + r^2\ \text{sen}^2\theta\cdot(d\varphi)(d\varphi)$$
$$ds^2 = g_{rr}\cdot(dr)(dr) + g_{r\theta}\cdot(dr)(d\theta) + g_{r\varphi}\cdot(dr)(d\varphi) + g_{\theta r}\cdot(d\theta)(dr) + g_{\theta\theta}\cdot(d\theta)(d\theta) + g_{\theta\varphi}\cdot(d\theta)(d\varphi) + g_{\varphi r}\cdot(d\varphi)(dr) + g_{\varphi\theta}\cdot(d\varphi)(d\theta) + g_{\varphi\varphi}\cdot(d\varphi)(d\varphi)$$

la representación matricial G de la métrica es la siguiente:

$$G = \begin{bmatrix} g_{rr} & g_{r\theta} & g_{r\phi} \\ g_{\theta r} & g_{\theta\theta} & g_{\theta\phi} \\ g_{\phi r} & g_{\phi\theta} & g_{\phi\phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & r^2 & 0 \\ 0 & 0 & r^2\sin^2\theta \end{bmatrix}$$

PROBLEMA: *Expresar la métrica Euclidiana que corresponde a un elemento de línea trazado sobre la superficie de una esfera de radio r.*

Podemos utilizar en ventaja nuestra la resolución del problema anterior, ya que para un radio fijo tenemos dr = 0:

$$ds^2 = dr^2 + r^2\, d\theta^2 + r^2\, \text{sen}^2\theta\, d\varphi^2$$
$$ds^2 = r^2\, d\theta^2 + r^2\, \text{sen}^2\theta\, d\varphi^2$$

Puesto que el elemento de línea puede ser re-escrito como:

$$ds^2 = r^2\cdot(d\theta)(d\theta) + 0\cdot(d\theta)(d\varphi) + 0\cdot(d\varphi)(d\theta) + r^2\ \text{sen}^2\theta\cdot(d\varphi)(d\varphi)$$
$$ds^2 = g_{\theta\theta}\cdot(d\theta)(d\theta) + g_{\theta\varphi}\cdot(d\theta)(d\varphi) + g_{\varphi\theta}\cdot(d\varphi)(d\theta) + g_{\varphi\varphi}\cdot(d\varphi)(d\varphi)$$

la representación matricial G de la métrica es la siguiente:

$$G = \begin{bmatrix} g_{\theta\theta} & g_{\theta\phi} \\ g_{\phi\theta} & g_{\phi\phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r^2 & 0 \\ 0 & r^2\sin^2\theta \end{bmatrix}$$

Hemos visto cómo partiendo de un elemento de línea expresado para el espacio Euclidiano de tres dimensiones en coordenadas rectangulares Cartesianas (x,y,z) de la manera siguiente:

$$ds^2 = (dx)^2 + (dy)^2 + (dz)^2$$

dicho elemento de línea puede ser puesto dentro de un marco de coordenadas esféricas (r,θ,φ) como:

$$ds^2 = dr^2 + r^2\, d\theta^2 + r^2\, \text{sen}^2\theta\, d\varphi^2$$

Supóngase que estamos interesados en llevar a cabo el procedimiento *inverso*. Después de aplicar una transformación, queremos invertir el procedimiento para recuperar lo que teníamos inicialmente. Si avanzamos con un carro hacia adelante un kilómetro, debe ser posible retroceder hacia atrás el mismo kilómetro para regresar al sitio en donde estábamos. Si existe una transformación para estirar una esfera convirtiéndola en un elipsoide, entonces hablando geométricamente (y matemáticamente también) debe existir una *transformación inversa* que nos permita "comprimir" al elipsoide restaurándolo a su forma original de esfera. La aplicación de una transformación seguida de la operación inversa, dejándonos las cosas tal y como estaban originalmente, nos debe producir el *elemento identidad* que representa la ausencia de modificación alguna.

En el caso del tensor métrico, tenemos lo que se conoce como el **tensor métrico conjugado**, simbolizado la mayoría de las veces como $\mathbf{g}^{-1}$, y cuyas componentes en notación tensorial de componentes se representan como $g^{\alpha\beta}$. Obsérvese que utilizamos *súper-índices* para representar las componentes del tensor métrico conjugado. Los súper-índices no son exponentes matemáticos, son simplemente súper-índices. La matriz en la cual acomodamos a los componentes del tensor métrico conjugado se simboliza como G^{-1}:

Si G es la matriz que representa al tensor métrico, y G^{-1} es la matriz que representa al tensor métrico conjugado, entonces la operación combinada $G^{-1}G$ nos debe resultar en la matriz identidad I:

$$G^{-1}G = \begin{bmatrix} g^{11} & g^{12} & g^{13} \\ g^{21} & g^{22} & g^{23} \\ g^{31} & g^{32} & g^{33} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & g_{13} \\ g_{21} & g_{22} & g_{23} \\ g_{31} & g_{32} & g_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = I$$

Llevando a cabo el producto matricial del lado izquierdo e igualando con las componentes correspondientes del lado derecho que sean iguales a 1, en conformidad con la fórmula tensorial en notación de componentes:

$$\boxed{g^{pr}g_{rq} = \delta^p_q}$$

obtenemos lo siguiente para p = q = 1:

$$g^{11}g_{11} + g^{12}g_{21} + g^{13}g_{31} + g^{14}g_{41} = 1$$

Las otras tres relaciones son:

$$g^{21}g_{12} + g^{12}g_{21} + g^{13}g_{31} + g^{14}g_{41} = 1$$
$$g^{31}g_{13} + g^{32}g_{23} + g^{33}g_{33} + g^{34}g_{43} = 1$$
$$g^{41}g_{14} + g^{42}g_{24} + g^{43}g_{34} + g^{44}g_{44} = 1$$

De este modo, al llevarse a cabo el producto tensorial $\mathbf{g}\cdot\mathbf{g}^{-1} = \mathbf{g}^{-1}\cdot\mathbf{g}$ se nos debe producir el tensor identidad $\boldsymbol{\delta}$, o sea el tensor delta de Kronecker (δ^i_j):

$$\mathbf{g}\cdot\mathbf{g}^{-1} = \mathbf{g}^{-1}\cdot\mathbf{g} = \boldsymbol{\delta}$$

Puesto que toda operación tensorial con tensores de orden dos se puede manejar también con su representación matricial equivalente, esto nos da una pista sobre cómo obtener los componentes del tensor métrico conjugado $\mathbf{g}^{-1}$ a partir de un tensor métrico **g**: obtenemos la *matriz inversa* a partir G a partir de la matriz G formada con los componentes del tensor g, en virtud de que:

$$G^{-1}G = GG^{-1} = I$$

siendo I la matriz identidad.

PROBLEMA: *Encontrar tanto el tensor métrico como el tensor métrico conjugado que corresponden al siguiente elemento de línea que está expresado en coordenadas generalizadas:*

$$ds^2 = 5(dx^1)^2 + 3(dx^2)^2 + 4(dx^3) - 6(dx^1)(dx^2) + 4(dx^2)(dx^3)$$

Obsérvese que en este elemento de línea tenemos dos términos "cruzados" que tienen que ser repartidos en dos mitades iguales para poder escribir los componentes del tensor métrico como los requiere la propiedad de simetría $g_{ab} = g_{ba}$. Los componentes del tensor métrico son:

$$g_{11} = 5 \qquad g_{22} = 3 \qquad g_{33} = 4$$
$$g_{12} = g_{21} = -3$$
$$g_{23} = g_{32} = 2$$
$$g_{13} = g_{31} = 0$$

La representación matricial de este tensor métrico es la siguiente:

$$G = \begin{bmatrix} 5 & -3 & 0 \\ -3 & 3 & 2 \\ 0 & 2 & 4 \end{bmatrix}$$

Para obtener las componentes del tensor métrico conjugado, tenemos que invertir la matriz G. Obteniendo dicha inversa por medio de cualquiera de los varios procedimientos matemáticos disponibles, tenemos entonces:

$$G^{-1} = \begin{bmatrix} 2 & 3 & -3/2 \\ 3 & 5 & -5/2 \\ -3/2 & -5/2 & 3/2 \end{bmatrix}$$

En notación de componentes, el tensor métrico conjugado es el siguiente:

$$g^{11} = 2 \qquad g^{22} = 5 \qquad g^{33} = 3/2$$
$$g^{12} = g^{21} = 3$$
$$g^{23} = g^{32} = -5/2$$
$$g^{13} = g^{31} = -3/2$$

La mayoría de las veces, o prácticamente todas, estaremos trabajando con tensores métricos cuya representación matricial es *diagonal*:

$$\begin{bmatrix} g_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & g_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & g_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & g_{44} \end{bmatrix}$$

Esto nos da una simplificación enorme en los cálculos requeridos para obtener el tensor métrico conjugado $\mathbf{g}^{-1}$ a partir del tensor métrico **g**, tomando en cuenta que el procedimiento de inversión de matrices, sobre todo cuando se lleva a cabo a mano, no sólo puede ser laborioso sino que es propenso a equivocaciones.

Efectuando el producto de la matriz diagonal G que representa a un tensor métrico **g** por la matriz diagonal *inversa* G^{-1} que representa al tensor métrico conjugado $\mathbf{g}^{-1}$:

$$\begin{bmatrix} g^{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & g^{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & g^{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & g^{44} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} g_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & g_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & g_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & g_{44} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Obtenemos de inmediato las siguientes relaciones para los componentes respectivos del tensor métrico conjugado:

$$g^{11} = 1/g_{11} \qquad g^{22} = 1/g_{22} \qquad g^{33} = 1/g_{33} \qquad g^{44} = 1/g_{44}$$

Estas relaciones frecuentemente se representan como $g^{ii} = 1/g_{ii}$. En esta simbolización no se aplica la convención de sumación para índices repetidos, ya que no hay sumación alguna involucrada, se trata de componentes individuales para cada valor de i.

PROBLEMA: *Utilizando los resultados del problema anterior, determinar el tensor métrico conjugado para un elemento de línea trazado sobre la superficie de una esfera.*

Todo lo que tenemos que hacer es obtener la inversa de la matriz G que corresponde a la métrica, o sea tenemos que invertir la matriz G por los procedimientos usuales del álgebra matricial. Aquí podemos usar a nuestro favor el hecho ya señalado arriba: la matriz G es una matriz *diagonal*, cuyos únicos elementos diferentes de cero están situados a lo largo de la diagonal principal, y para obtener la matriz inversa únicamente tenemos que tomar la inversa de cada elemento correspondiente. Con esto en mente, el tensor métrico conjugado que corresponde al elemento de línea que habita en la superficie de una esfera (obsérvese que todos los componentes del tensor métrico conjugado son representados como componentes de un tensor contravariante, con súper-índices):

$$G^{-1} = \begin{bmatrix} g^{\theta\theta} & g^{\theta\phi} \\ g^{\phi\theta} & g^{\phi\phi} \end{bmatrix}$$

debe ser el siguiente:

$$G^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{r^2} & 0 \\ 0 & \frac{1}{r^2 \sin^2\theta} \end{bmatrix}$$

PROBLEMA: *Obtener el tensor métrico conjugado en coordenadas esféricas.*

Este problema sigue el mismo procedimiento que el problema anterior. Y ya hemos obtenido previamente la representación matricial de la métrica en coordenadas esféricas. Con todo esto en mente, el tensor métrico conjugado que corresponde a las coordenadas esféricas (obsérvese que todos los componentes del tensor métrico conjugado son representados como componentes de un tensor contravariante, con súper-índices):

$$G^{-1} = \begin{bmatrix} g^{rr} & g^{r\theta} & g^{r\phi} \\ g^{\theta r} & g^{\theta\theta} & g^{\theta\phi} \\ g^{\phi r} & g^{\phi\theta} & g^{\phi\phi} \end{bmatrix}$$

debe ser el siguiente:

$$G^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{r^2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{r^2 \sin^2\theta} \end{bmatrix}$$

Usando notación de componentes, el producto *externo* de dos tensores de orden dos $\mathbf{A}=(A^{\alpha\beta})$ y $\mathbf{B}=(B_{\gamma\delta})$ se puede llevar a cabo directamente como:

$$A^{\alpha\beta}B_{\gamma\delta}$$

y el producto *interno* de los dos tensores se obtiene llevando a cabo la doble contracción igualando los índices superiores a los índices inferiores sobre dicho producto externo de modo tal que entre automáticamente en acción la convención de sumación:

$$A^{\alpha\beta}\cdot B_{\alpha\beta}$$

Por ningún motivo se debe confundir esta última operación con la operación $g^{pr}\cdot g_{rq} = \delta^p{}_q$ *que hemos efectuado arriba, se trata de operaciones completamente diferentes como puede verse en la simbolización de los índices tanto los de arriba como los de abajo.* Una representa una sola contracción que nos produce un tensor mixto, el tensor delta Kronecker, mientras que la otra representa una *doble* contracción que nos resulta en un escalar. Se hace necesario recalcar esto en virtud de que por los parecidos que hay en la notación esto frecuentemente suele ser causa de muchas confusiones, equivocaciones y malentendidos entre los principiantes en el estudio del análisis tensorial.

PROBLEMA: *Recurriendo a la notación de componentes y utilizando tanto los componentes $g_{\alpha\beta}$ del tensor métrico* **g** *que corresponde a la métrica Euclidiana en coordenadas esféricas como los componentes del tensor métrico conjugado* $\mathbf{g}^{-1}$ *que corresponde a la misma métrica, demostrar que el producto*

$$g^{\alpha\beta}\cdot g_{\alpha\beta}$$

nos produce una invariante.

La primera expansión de acuerdo a la convención de sumación la podemos llevar a cabo sobre el índice monigote α produjese lo siguiente:

$$g^{\alpha\beta}\cdot g_{\alpha\beta} = g^{1\beta}\cdot g_{1\beta} + g^{2\beta}\cdot g_{2\beta} + g^{3\beta}\cdot g_{3\beta}$$

Llevando a cabo la segunda expansión sobre el segundo índice monigote β esto nos produce la siguiente suma de nueve términos:

$$g^{\alpha\beta}\cdot g_{\alpha\beta} = g^{11}\cdot g_{11} + g^{12}\cdot g_{12} + g^{13}\cdot g_{13} + g^{21}\cdot g_{21} + g^{22}\cdot g_{22} + g^{23}\cdot g_{23} + g^{31}\cdot g_{3\beta} + g^{32}\cdot g_{32} + g^{33}\cdot g_{33}$$

La notación numérica ha sido puesta de conformidad con las coordenadas generalizadas. Para las coordenadas esféricas tenemos 1 = r, 2 = φ, 3 = θ, con lo cual:

$$g^{\alpha\beta}\cdot g_{\alpha\beta} = g^{rr}\cdot g_{rr} + g^{r\theta}\cdot g_{r\theta} + g^{r\varphi}\cdot g_{r\varphi} + g^{\theta r}\cdot g_{\theta r} + g^{\theta\theta}\cdot g_{\theta\theta} + g^{\theta\varphi}\cdot g_{\theta\varphi} + g^{\varphi r}\cdot g_{\varphi r} + g^{\varphi\theta}\cdot g_{\varphi\theta} + g^{\varphi\varphi}\cdot g_{\varphi\varphi}$$

Empleando los componentes que obtuvimos en los problemas anteriores:

$$g^{\alpha\beta}\cdot g_{\alpha\beta} = g^{rr}\cdot g_{rr} + g^{r\theta}\cdot g_{r\theta} + g^{r\varphi}\cdot g_{r\varphi} + g^{\theta r}\cdot g_{\theta r} + g^{\theta\theta}\cdot g_{\theta\theta} + g^{\theta\varphi}\cdot g_{\theta\varphi} + g^{\varphi r}\cdot g_{\varphi r} + g^{\varphi\theta}\cdot g_{\varphi\theta} + g^{\varphi\varphi}\cdot g_{\varphi\varphi}$$

$$g^{\alpha\beta}\cdot g_{\alpha\beta} = (1)(1) + (0)(0) + (0)(0) + (0)(0) + (1/r^2)(r^2) + (0)(0)\ (0)(0) + (0)(0) + (1/r^2\ \text{sen}^2\ \theta)(r^2\ \text{sen}^2\ \theta)$$

$$g^{\alpha\beta}\cdot g_{\alpha\beta} = 1 + 1 + 1 = 3$$

Esto nos demuestra que si tomamos el producto tensorial interno del tensor métrico g y de su conjugado que corresponden a la métrica Euclidiana en coordenadas esféricas, el resultado es un escalar, el número 3, y por lo tanto el *producto interno de dos tensores de orden dos es una invariante*.

El problema anterior nos lleva a una relación importante.

PROBLEMA: *Demostrar que en un espacio n-dimensional, para un tensor métrico diagonal en el cual $g_{ij}=0$ para $i \neq j$ la doble contracción del tensor métrico* **g** *con el tensor métrico conjugado* $\mathbf{g}^{-1}$ *nos produce el siguiente resultado:*

$$g^{\alpha\beta}\cdot g_{\alpha\beta} = n$$

En este caso se tiene:

$$g^{\alpha\beta}\cdot g_{\alpha\beta} = g^{11}\cdot g_{11} + g^{22}\cdot g_{22} + g^{33}\cdot g_{33} + \ldots + g^{nn}\cdot g_{nn}$$

$$g^{\alpha\beta}\cdot g_{\alpha\beta} = (1/g_{11})\cdot g_{11} + (1/g_{22})\cdot g_{22} + (1/g_{33})\cdot g_{33} + \ldots + (1/g^{nn})\cdot g_{nn}$$

$$g^{\alpha\beta}\cdot g_{\alpha\beta} = 1 + 1 + 1 + \ldots + 1$$

$$\boxed{g^{\alpha\beta} g_{\alpha\beta} = n}$$

Para nosotros es importante que el producto interno de dos tensores de orden dos sea una invariante por el hecho de que los tensores que aparecen en la ecuación fundamental de la Relatividad General, tanto el tensor de Einstein **G** como el tensor energía-tensión **T** *son también tensores de orden dos*, son tensores capaces de generar invariantes, si usamos la ayuda tanto del tensor métrico como del tensor métrico conjugado en las operaciones de cálculo como lo hemos hecho aquí.

Continúa en el próximo número…

La vida podría estar por todas partes en el universo.

Versión del artículo original de EDUARDO MARTÍNEZ DE LA FE

TOMADO DEL BLOG: TENDENCIAS21 – 19 de mayo de 2021

Eduardo Martínez de la Fe, periodista científico, Editor de Tendencias21.

REPRESENTACIÓN ARTÍSTICA DE UN EXOPLANETA ROCOSO DEL TAMAÑO DE LA TIERRA.
CRÉDITO IMAGEN: NASA AMES/SETI INSTITUTE/JPL-CALTECH.

No solo pueden albergar vida los planetas situados a la distancia apropiada de su estrella, sino también los más inhóspitos, porque sus océanos subterráneos pueden ocultar microorganismos protegidos de amenazas y condiciones adversas. En diez años saldremos de dudas.

Los científicos están cada vez más convencidos de que la vida no ha sido un fenómeno exclusivo de la Tierra, y que en otros lugares del universo hay condiciones suficientes para la existencia generalizada de microorganismos similares a los de nuestro planeta, sin descartar por ello la posibilidad de que existan otras formas de vida diferentes a las conocidas.

Hay varias maneras de aproximarse al encuentro de vida fuera de la Tierra. La primera y más usual es la habitabilidad de planetas que estén a la distancia correcta de sus respectivas estrellas para soportar agua líquida en su superficie, imprescindible para la vida.

De hecho, se han localizado 4.000 exoplanetas posiblemente similares a la Tierra que orbitan alrededor de estrellas como el Sol, pero solo algunos (un total de 24) tienen la posibilidad de ser planetas que contengan vida.

El problema de esta perspectiva para identificar vida fuera de la Tierra es que se trata de una visión muy estrecha de lo que hace que un planeta sea habitable, dado que todos los criterios de búsqueda se basan en la vida en la Tierra tal como la conocemos.

DEBAJO DE LA SUPERFICIE

Una nueva perspectiva en esta búsqueda ha sido aportada por el Southwest Research Institute: se ha comprobado que existen mundos en los que los océanos están atrapados debajo de capas protectoras de roca y hielo, y no en la superficie de planetas descartados como posibles escenarios de vida.

Las lunas de Saturno, Titán y Encelado, así como el satélite Europa de Júpiter, e incluso el planeta enano Plutón, son claros ejemplos de esta evidencia en nuestro sistema solar.

En un informe presentado en la 52ª Conferencia anual de Ciencia Lunar y Planetaria (LPSC 52) en marzo de 2021, el científico S. Alan Stern explica que la prevalencia de los mundos oceánicos de agua interior (IWOW) en nuestro sistema solar sugiere que pueden estar presentes también en otros sistemas estelares, ampliando enormemente las condiciones para la habitabilidad planetaria y la supervivencia biológica a lo largo del universo.

Añade que desde hace muchos años se sabe que mundos como la Tierra, con océanos que se encuentran en su superficie, deben residir dentro de un rango estrecho de distancias de sus estrellas para mantener las temperaturas que preservan esos océanos.

SEGURAMENTE MUCHOS MÁS

Sin embargo, los IWOW se encuentran en un rango mucho más amplio de distancias de sus estrellas. Esto amplía enormemente el número de mundos habitables que probablemente existan en la galaxia, estima Stern.

Considera también que mundos como la Tierra, con océanos en su exterior, también están sujetos a muchos tipos de amenazas para la vida, que van desde impactos de asteroides y cometas, llamaradas estelares con radiación peligrosa, explosiones de supernovas cercanas y otras.

El artículo de Stern señala que las IWOW son inmunes a tales amenazas porque sus océanos están protegidos por un techo de hielo y roca, generalmente de varias a muchas decenas de kilómetros de espesor, que se superponen a sus océanos.

"Los mundos oceánicos de agua interior están mejor preparados para proporcionar muchos tipos de estabilidad ambiental y tienen menos probabilidades de sufrir amenazas a la vida de su propia atmósfera, su estrella, su sistema solar y la galaxia, que mundos como la Tierra, que tienen su océanos en el exterior", explica Stern en un comunicado.

AGUAS OCULTAS

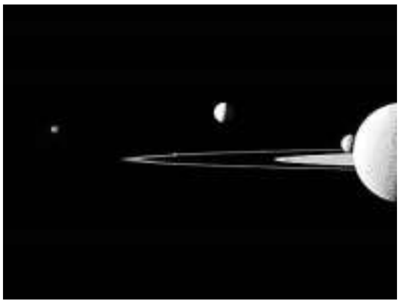
El problema radica en que, al estar ocultos, esos mundos oceánicos no son fáciles de ser analizados para confirmar que realmente albergan algún tipo de vida.

Por este motivo, la misión Europa Clipper de la NASA realizará esta década un reconocimiento detallado de la luna Europa de Júpiter e investigará si pudiera albergar condiciones adecuadas para la vida debajo de su superficie.

El Telescopio Espacial Hubble de la NASA observó vapor de agua sobre la región del polo sur de Europa en 2012, proporcionando evidencia potencial de columnas de agua.

Si se confirma la existencia de las plumas, y están vinculadas a un océano subterráneo, el estudio investigará la composición química del entorno potencialmente habitable de Europa y, al mismo tiempo, minimizará la necesidad de perforar capas de hielo para comprobar si hay o no vida.

Otro enfoque paralelo ha sido propuesto por científicos de la Universidad de Colombia Británica (UBC): considera que la geología podría ser la clave para identificar qué planetas podrían contener vida, más allá de lo que puede aportar la búsqueda de agua, ya sea superficial o subterránea.



CINCO DE LAS LUNAS DE SATURNO SE UNEN EN EL CAMPO DE VISIÓN DE LA NAVE ESPACIAL CASSINI.
CRÉDITO IMAGEN: NASA/JPL-CALTECH/SPACE SCIENCE INSTITUTE.

NUEVOS MUNDOS

Brendan Dyck, autor principal de este estudio, considera que encontrar planetas en zonas habitables no es suficiente para conocer si la vida puede existir en otros planetas. Este parámetro es solo una forma de descartar otros planetas menos probables.

Añade que conocer la cantidad de hierro presente en el manto de un planeta, permite predecir lo gruesa que será su corteza y, a su vez, si puede disponer de agua líquida y de una atmósfera.

«Es una forma más precisa de identificar posibles nuevos mundos similares a la Tierra que confiar únicamente en su posición en la zona habitable», explica en un comunicado.

Esencialmente, los planetas rocosos más pequeños de un sistema planetario tienen una cosa en común: todos tendrán la misma proporción de hierro que la estrella que orbitan.

La diferencia es cuánto de ese hierro hay en el manto y en el núcleo, precisa Dyck. Este nivel de hierro puede influir en el comportamiento del agua en el planeta, según la tectónica de placas.

Y concluye: "si bien la órbita de un planeta puede estar dentro de la zona habitable, su historia de formación temprana podría finalmente hacerla habitable. La buena noticia es que, con una base en geología, podemos determinar si un planeta soportará agua superficial antes de planificar futuras misiones espaciales».

DÉCADAS DE ESPERA

Despejar esta incógnita llevará décadas, estima la NASA: «nuestras primeras misiones de búsqueda de planetas podrían proporcionar evidencia básica de los mundos potencialmente habitables. El telescopio James Webb, diseñado en parte para investigar gigantes gaseosos y súper Tierras, podría encontrar una versión descomunal de nuestro planeta. El telescopio espacial Nancy Grace Roman de la NASA, o el telescopio de reconocimiento infrarrojo de campo amplio, podrían concentrarse en la luz reflejada de un planeta distante para detectar las firmas de oxígeno, vapor de agua o alguna otra indicación clara de posible vida», señala en un comunicado.

Y concluye: «Descubrir otra canica azul-blanca escondida en el campo de estrellas, como un grano de arena en la playa, probablemente requerirá un telescopio de imágenes aún más grande. Los diseños ya están en marcha para ese buscador de planetas de próxima generación, que arrancará en la década de 2030 o 2040».

REFERENCIA

Some Implications for Both Life and Civilizations Regarding Interior Water Ocean Worlds. 52nd Lunar and Planetary Science Conference (LPSC), March 15–19, 2021.

Afirman que Encélado dispone de «todo lo necesario» para la vida.

Un nuevo estudio profundiza en la química de la luna de Saturno y encuentra varias fuentes de energía y alimento capaces de dar sustento a diversas comunidades de organismos.

Versión del artículo original de JOSÉ MANUEL NIEVES

Tomado de: ABC / 12 de enero de 2021

Hace ya mucho tiempo que los astrónomos tienen la vista puesta en Encélado, una de las lunas más enigmáticas de Saturno. Años de estudio y de sobrevuelos de varias misiones espaciales (desde la Voyager, en los años 70, a la más reciente Cassini) han revelado un mundo helado, geológicamente activo y totalmente cubierto por una gruesa capa de hielo. Pero no solo eso. Encélado, que con sus cerca de 500 km de diámetro es la sexta mayor luna de Saturno, esconde bajo esa capa helada un océano de agua líquida. Un océano global y que se mantiene relativamente caliente debido a la más que probable presencia de fuentes hidrotermales, similares a las que existen en los fondos oceánicos de la Tierra.

Para colmo, en 2017 la NASA anunció que el análisis del vapor de agua que los potentes géiseres de la superficie del satélite expulsan al espacio había revelado la presencia de hidrógeno molecular (H_2), una fuente potencial de alimento para numerosos tipos de microorganismos. Por todo ello, Encélado se considera como uno de los lugares más prometedores del Sistema Solar a la hora de albergar vida.

Ahora, en un trabajo capitaneado por Christine Ray, del Departamento de Física y Astronomía de la Universidad de Texas, y publicado en Science Direct, un equipo multidisciplinar de investigadores ha aplicado una serie de nuevos modelos para comprender mejor la química de Encélado. Y los resultados muestran que el océano subterráneo puede contener sustancias químicas capaces de dar sustento a una diversa comunidad de organismos vivientes.

"La detección de hidrógeno molecular (en los géiseres de Encélado) indica que en su océano hay energía libre disponible -afirmó Ray-. En la Tierra, las criaturas aeróbicas, que respiran oxígeno, consumen energía de materia orgánica como glucosa y oxígeno para crear dióxido de carbono y agua. Los microbios anaeróbicos (los que no respiran oxígeno) pueden metabolizar el hidrógeno para crear metano. Toda la vida puede destilarse en reacciones químicas similares asociadas a un desequilibrio entre los compuestos oxidantes y reductores".

Dicho desequilibrio, explican los autores del estudio, crea un gradiente de energía potencial en el que, gracias a los procesos de reducción y oxidación, se transfieren electrones entre especies químicas, la mayoría de las veces con una especie sometida a oxidación y la otra a reducción. Se trata de procesos vitales para muchas funciones básicas de la vida, incluidas la fotosíntesis y la respiración.

Por ejemplo, el hidrógeno es una fuente de energía química que da sustento a los microbios anaeróbicos que viven en los océanos terrestres, cerca de las fuentes hidrotermales. En el fondo de nuestros océanos, en efecto, las chimeneas hidrotermales emiten fluidos calientes, ricos en energía y cargados de minerales que permiten prosperar a ecosistemas únicos, repletos de criaturas inusuales. Y varias investigaciones anteriores ya encontraron evidencia de chimeneas hidrotermales y desequilibrio químico en Encélado, lo que apunta claramente a condiciones habitables.

OTRAS POSIBILIDADES QUÍMICAS PARA LA VIDA

"Nos preguntamos si también otros tipos de rutas metabólicas podrían proporcionar fuentes de energía en el océano de Encélado -aseguró la investigadora-. Pero como eso requeriría de un conjunto diferente de oxidantes que aún no hemos detectado en los géiseres, hemos construido un modelo químico para determinar si las condiciones tanto en el agua como en el fondo rocoso del océano serían capaces de apoyar estos procesos químicos".

Por ejemplo, los investigadores analizaron cómo la radiación ionizante que procede del espacio podría crear oxidantes, y cómo la geoquímica abiótica del propio océano y de su núcleo rocoso podría contribuir a los desequilibrios químicos necesarios para que tengan lugar los procesos metabólicos.

"Comparamos nuestras estimaciones de energía disponible con los ecosistemas de la Tierra -prosiguió la investigadora- y determinamos que, en general, nuestros valores de metabolismo aeróbico y anaeróbico cumplen, e incluso superan, los requisitos mínimos. Estos resultados indican que la producción de oxidantes y la química de la oxidación podrían contribuir a mantener formas de vida y una comunidad microbiana metabólicamente diversa en Encélado".

Una vez identificadas las posibles fuentes de alimentos en la luna de Saturno, la siguiente cuestión es la de averiguar cuál es exactamente la naturaleza de los compuestos orgánicos complejos que podrían surgir del océano. Para ello, una futura misión espacial debería volar a través de las columnas de vapor de los géiseres de Encélado y poner así a prueba las predicciones de esta investigación sobre la abundancia de compuestos oxidados. Si es así, cabría la posibilidad de que en esa luna de Saturno existan extrañas formas de vida capaces de aprovechar esas fuentes de energía.

¿Estamos solos en el universo? Los nuevos descubrimientos.

Versión del artículo original de JOSÉ MANUEL VARIÑAS

TOMADO DEL BLOG: El Economista – 19 de mayo de 2021

Existen dos posibilidades: que estemos solos en el universo o que no lo estemos.
Ambas son igual de terroríficas.
Arthur C. Clarke

En abril de 2021, la Agencia Espacial Europea (ESA) publicó el mapa más detallado de la Vía Láctea hasta la fecha, y anunció el descubrimiento de una nueva región de la galaxia, al que llamaron Espolón de Cefeo. Se trata de una estructura que une el Brazo de Orión (en el que se encuentra nuestro sistema solar) y el Brazo de Perseo, conformando una especie de puente de estrellas masivas azules.

Lo más apasionante de todo es que… no teníamos idea de su existencia. La humanidad no sabía de esa región entera, que tiene 10 mil años luz de longitud. Para llevar a cabo esta hazaña, se apoyaron de los datos que envía a la Tierra el telescopio espacial Gaia, que se encuentra a un millón y medio de kilómetros de nuestro planeta, mucho más lejos que la Luna.

Uno de los principales responsables es el ítalo-español Michelangelo Pantaleoni, del Centro de Astrobiología de España, encargado del mapeo de la galaxia. "La idea de hacer una cartografía de nuestro entorno tiene una gran carga emotiva: es algo casi poético, porque nos plantea nuestro lugar en el gran orden de las cosas", indicó el investigador.

El asombroso descubrimiento volvió a encender, en el imaginario colectivo, la vieja cuestión de si estamos solos en el universo. Aunque, en realidad, en el ámbito científico los avances en la búsqueda de vida extraterrestre han dado un salto gigantesco, tanto que muy pronto (se calcula que en dos décadas, como máximo) podríamos tener por fin la respuesta a esa pregunta ineludible.

TODOS LOS GRANOS DE ARENA

No fue sino hasta la década de los 90 cuando se confirmó la existencia del primer exoplaneta; hoy se conocen más de 4.500. Ahora sabemos que en la Vía Láctea, la mitad de las estrellas similares a nuestro sol podrían tener al menos un planeta rocoso y con agua en su superficie, lo que da la cantidad de 300 millones de exoplanetas en los que puede florecer la vida. Pero el número de planetas conocidos con esas características aumenta rápidamente.

David Steinberg, en un reciente texto en el New York Times, titulado *Aliens Must Be Out There, why aren't we looking for them?* (Los alienígenas deben estar ahí fuera, ¿por qué no los estamos buscando?), escribe lo siguiente: "por muy impresionante que sea, el sol no deja de ser una estrella bastante ordinaria, una de las que se calcula que hay entre 100 mil y 400 mil millones en la Vía Láctea. Y la Vía Láctea es en sí misma sólo una galaxia entre cientos de miles de millones, quizás trillones en el universo observable". Y abunda: "miles de millones de estrellas de la galaxia podrían estar orbitadas por planetas con condiciones igualmente ideales para albergar vida. En todo el espacio puede haber quintillones de planetas potencialmente habitables, o incluso un sextillón, que es más que los granos de arena estimados en todas las playas de la Tierra". Así que, se pregunta, ¿no es una arrogancia suponer que somos la única vida que existe?

Los numerosos programas espaciales de nuestros días, como las exploraciones a Marte (Estados Unidos, la Unión Europea, China, India, Emiratos Árabes Unidos, etcétera) están en parte buscando rastros de vida. Los nuevos observatorios espaciales que orbitan la Tierra hacen lo mismo en mundos lejanos. Entre ellos están el mencionado Gaia; el Hubble; el Satélite de Reconocimiento de Exoplanetas en Tránsito, de la NASA; y muy pronto el telescopio chino Xuntian y el telescopio espacial James Webb, lanzado en octubre de 2021 y que tiene 100 veces más capacidad que el Hubble para observar atmósferas de planetas de otros sistemas solares, incluso detectando moléculas como oxígeno y metano, que en la Tierra se producen con procesos biológicos. En el futuro vendrán el Luvoir, el Telescopio Gigante de Magallanes y el HabEx, que se lanzarían a principios de la siguiente década y que podrán rastrear a mucho mayor detalle las atmósferas exoplanetarias.

Incluso hay términos que ya pasan del ámbito estrictamente técnico para empezar a formar parte del habla de la gente con curiosidad científica, como supertierras, minineptunos y superhabitabilidad. Esto último se refiere a los planetas que podrían tener condiciones incluso mejores que la Tierra para generar la vida.

De hecho, el Catálogo de Exoplanetas Habitables (una lista de la Universidad de Puerto Rico, en colaboración con científicos de todo el mundo) se actualiza continuamente, y la última publicación incluye decenas de mundos con condiciones para la vida. Una iniciativa de la ESA llamada ARIEL trabaja en la comparación de las propiedades de mil exoplanetas, en busca de los mismos rastros biológicos.

LOS PLANETAS SUPERHABITABLES

En un extenso informe publicado recientemente, dedicado a la nueva ciencia de la astrobiología, el semanario británico The Economist hace un recuento de esos exoplanetas con condiciones ideales para la vida, empezando por Teegarden b, en la constelación de Aries, a 12 años luz de la Tierra, y siguiendo con TOI-700d, a 100 años luz. Otros son Kepler-1649c y Próxima Centauri b, a solo 4.2 años luz de nosotros, lo más cercano posible. Están también muchas "supertierras", mundos con mayor masa que nuestro planeta pero menores que Urano o Neptuno.

En octubre del año pasado, científicos alemanes encontraron 24 planetas superhabitables. "Están a más de 100 años luz de distancia", dijo Dirk Schulze-Makuch, geobiólogo de la Universidad Técnica de Berlín, "pero nuestro estudio podría ayudar a enfocar los esfuerzos de observación futuros". "Debemos tener cuidado de no quedarnos atascados buscando una segunda Tierra, porque podría haber planetas que fueran más adecuados para la vida que el nuestro".

Junto con expertos del Instituto Max Plank, Schulze-Makuch identificó criterios de superhabitabilidad, entre los que destacan que sean planetas más grandes, más cálidos, más húmedos y más antiguos, pues sostienen que el mejor momento para la vida se da cuando un planeta tiene entre 5 mil y 8 mil millones de años (la Tierra tiene 4,500 millones de años). La estimación es que haya unos 10 mil millones de planetas potencialmente habitables. Natalie Batalha, científica del Centro de Investigación Ames de la NASA, dedicada también a esta apasionante búsqueda, ha comentado: “poder mirar un punto de luz y decir ‘esa estrella tiene un mundo viviente orbitando’, es algo muy profundo y responde preguntas sobre por qué estamos aquí”.

En el texto de The Economist, los autores se plantean la cuestión de si los astrobiólogos realmente creen que existe vida en otros lugares. Citan a David Grinspoon, un veterano miembro del Instituto de Ciencias Planetarias, que confirma que ahora pasa lo que sucedía en décadas anteriores con la ciencia de los exoplanetas, que no se tomaba en serio: “creo que hay ahora entre los científicos una creencia generalizada en la existencia de vida extraterrestre, aunque no tengamos pruebas concretas de ella”.

Uno de esos científicos ha admirado y escandalizado. Se trata del mayor experto en astrofísica de la Universidad de Harvard, quien afirma que el pequeño cuerpo interestelar que cruzó el sistema solar en 2017, conocido como Oumuamua… se trata en realidad… de un objeto artificial.

El hecho es que Avi Loeb no es un advenedizo o el típico charlatán que habla de ovnis, sino un investigador ampliamente reconocido, ganador del Premio Gugenheim, miembro de la Academia Estadounidense de Artes y Ciencias y quien, además, después del revuelo causado, se sostuvo en su dicho. Todo esto va en contra de la teoría de la Tierra Rara, que sostiene que las condiciones de nuestro planeta para generar vida son únicas e irrepetibles, y que en realidad es muy probable que estemos absolutamente solos en el universo. Algo que, evidentemente, aterraría a Arthur C. Clarke…

La Vía Láctea no nació del choque con otra, sino por evolución gradual.

La Vía Láctea está formada por discos finos y gruesos llenos de estrellas, que se creía que se habían formado tras una fusión violenta y poco frecuente.

FUENTE: **EFE**

TOMADO DE: El Carabobeño.com - 24 de mayo de 2021

FOTO CORTESÍA DE NATIONAL GEOGRAPHIC.

La Vía Láctea se habría formado en un proceso de evolución gradual y no como resultado de un choque con otra galaxia. Esto haría de nuestro hogar cósmico un lugar mucho más típico en el universo de lo que se pensaba, según un estudio que publica The Astrophysical Journal Letters.

Para llegar a esta conclusión, un equipo internacional de astrofísicos ha estudiado la galaxia UGC 10738, a 320 millones de años luz, que también tiene forma en espiral, y han encontrado “sorprendentes similitudes” entre ambas.

Los firmantes de la investigación, australianos y alemanes, indican que las galaxias tipo Vía Láctea son “probablemente muy comunes”.

La Vía Láctea está formada por discos finos y gruesos llenos de estrellas, que se creía que se habían formado tras una fusión violenta y poco frecuente, por lo que probablemente no se encontrarían en otras galaxias espirales.

Sin embargo, UGC 10738 tiene discos similares, lo que sugiere que esas estructuras no son resultado de una rara colisión de hace mucho tiempo con una más pequeña, sino una especie de camino ‘por defecto’ de formación y evolución de las galaxias”, señaló Nicholas Scott del Centro de Excelencia ARC de Australia para la Astrofísica del Cielo en 3 Dimensiones y uno de los autores del estudio.

ESTRUCTURA COMÚN

A partir de estos resultados, el equipo considera que las galaxias con las estructuras y propiedades particulares de la Vía Láctea “son probablemente muy comunes”.

UGC 10738, al igual que nuestra galaxia, tiene un disco grueso formado principalmente por estrellas antiguas, identificadas por su baja proporción de hierro respecto al hidrógeno y al helio, mientras que las del disco delgado son más recientes y contienen más metal.

Aunque ya se habían observado discos de este tipo en otras galaxias, era imposible saber si albergaban el mismo tipo de distribución estelar y, por tanto, orígenes similares.

El equipo uso el Very Large Telescope del Observatorio Europeo Austral en Chile para observar UGC 10738, una galaxia que está inclinada de canto, por lo que su observación ofrecía una sección transversal de su estructura.

Para evaluar la proporciones de metal de las estrellas en sus discos gruesos y finos emplearon un instrumento llamado explorador espectroscópico multi-unidad (MUSE) y vieron que era más o menos la misma.

Había estrellas antiguas en el disco grueso y otras más jóvenes en el delgado, explicó Jesse van de Sande, de la Universidad de Sydney, quien precisó que están observando otras galaxias para asegurarse, pero consideró que “es una prueba bastante sólida de que las dos galaxias evolucionaron de la misma manera”.

PRÓXIMOS A COMPRENDER LA FORMACIÓN DE LAS GALAXIAS

La investigación es “un importante paso” para comprender cómo se crearon las galaxias de disco, pues “ahora podemos ver que la formación de la Vía Láctea es bastante típica de cómo se ensamblaron otras galaxias de disco”, agregó Ken Freeman, de la Universidad Nacional de Australia.

Además, según Scott, se pueden usar las observaciones existentes muy detalladas de la Vía Láctea “como herramientas para analizar mejor galaxias mucho más lejanas que, por razones obvias, no podemos ver tan bien”.

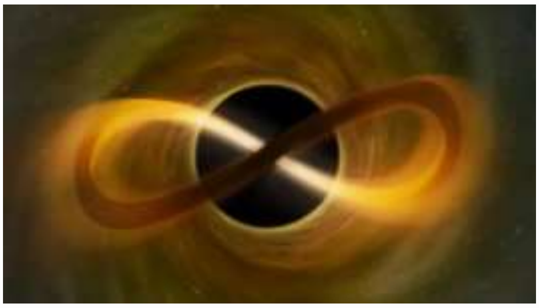
Los científicos que creen que el universo no tiene un principio (y desafían la noción del espacio-tiempo).

Versión del artículo original de CARLOS SERRANO - (@carliserrano)

FUENTE: BBC NEWS | MUNDO

1º de diciembre de 2021

FUENTE DE LAS IMÁGENES: GETTY.



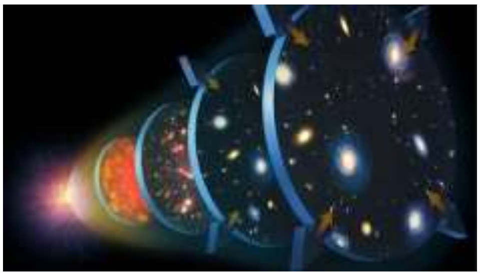
Si te preguntan cuál fue el principio del universo, el Big Bang es la primera respuesta que seguro te viene a la mente.

Hay científicos, sin embargo, que cuestionan que ese haya sido el comienzo.

Ahora un joven investigador va más allá y afirma que quizás ni siquiera hubo un comienzo.

Se trata de Bruno Bento, investigador del Departamento de Ciencias Matemáticas de la Universidad de Liverpool, en Reino Unido.

Bento es coautor de un artículo académico titulado *"Si el tiempo no tuviera un comienzo*", que aún está bajo revisión por parte de otros expertos.



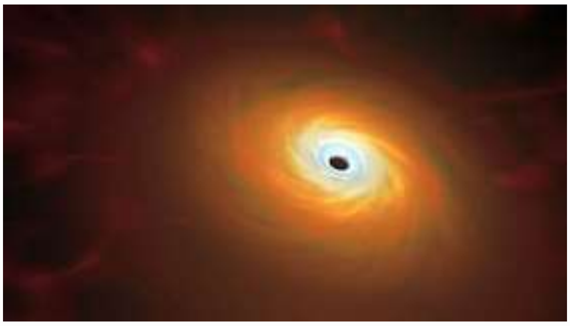
EL BIG BANG ES LA VISIÓN TRADICIONAL QUE TENEMOS SOBRE EL ORIGEN DEL UNIVERSO.

Su teoría difiere del concepto tradicional que tenemos sobre el paso del tiempo, plantea un pasado infinito y ve al Big Bang como un evento más en un cosmos que siempre ha existido.

¿En qué consiste la propuesta de Bento y cómo desafía lo que sabemos sobre la evolución del universo?

MÁS ALLÁ DE LA SINGULARIDAD

La física moderna tiene dos teorías que nos ayudan a explicar el universo.



LA SINGULARIDAD ES EL LÍMITE DONDE LA RELATIVIDAD YA NO ALCANZA PARA EXPLICAR LO QUE AHÍ OCURRE.

Por un lado está la *mecánica cuántica*, que describe las interacciones y partículas subatómicas.

Y por el otro lado está la *relatividad general*, que funciona muy bien para explicar la gravedad que rige lo que ocurre en el mundo macroscópico.

La teoría de la relatividad general nos lleva hasta 13.800 millones de años atrás, a los instantes inmediatamente posteriores al Big Bang, cuando todo existía a escalas diminutas.

Esa teoría de Einstein, sin embargo, se queda corta al momento de explicar qué pasó en el momento mismo del Big Bang, o qué pasó antes.

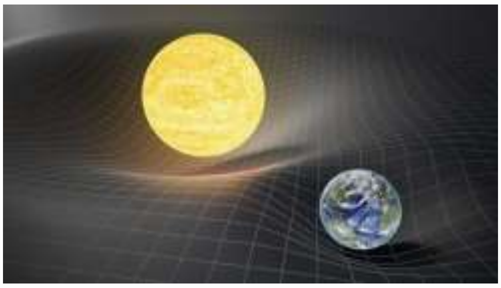
A eso es lo que los expertos llaman la *"singularidad"*, es decir, el punto en el que la teoría de la relatividad ya no sirve para explicar lo que está ocurriendo.

En esa singularidad, la materia está tan comprimida que la gravedad se vuelve tremendamente fuerte a escalas subatómicas.

Entonces, lo que se necesitaría para explicar lo que ocurrió durante y antes de esa singularidad es una teoría que unifique la mecánica cuántica y la relatividad general.

A esto es lo que los expertos llaman una teoría cuántica de la gravedad, en la que la gravedad se pueda explicar a nivel cuántico y ayude a describir lo que ocurre a esas escalas.

Y aquí es donde entra en juego la propuesta de Bento.



BENTO DESAFÍA LA IDEA TRADICIONAL DEL ESPACIO-TIEMPO.

ÁTOMOS DE ESPACIO-TIEMPO

En su artículo, Bento recurre a la teoría de los conjuntos causales, un enfoque de la gravedad cuántica que sostiene que el espacio-tiempo está formado por unos *bloques de construcción*, "átomos de espacio-tiempo", que van formando elementos.

De esa manera, la teoría de conjuntos causales resuelve el problema de la singularidad, porque según su visión no puede haber nada más pequeño que un átomo de espacio-tiempo.

LA TEORÍA DE CONJUNTOS CAUSALES SE BASA EN EL CONCEPTO DE "ÁTOMOS DE ESPACIO-TIEMPO".

"Según la teoría de conjuntos causales, lo que sentimos como el paso del tiempo corresponde al nacimiento de nuevos elementos del conjunto causal", le dijo Bento a BBC Mundo.

"Lo que llamamos *'ahora'* es el nacimiento de un nuevo elemento".

NO TENEMOS UN COMIENZO

El trabajo de Bento parte de esa idea para proponer que los conjuntos causales se han ido formando *infinitamente*, por lo cual el Big Bang no sería el comienzo del universo.

Para Bento siempre hay algo antes, es decir, los conjuntos causales serían infinitos en el pasado y *el Big Bang sería solo un momento particular en la evolución del universo*.

"Nuestro trabajo dice que si los conjuntos causales son la respuesta, nosotros no tenemos necesariamente un comienzo", dijo Bento.

El reto que Bento propone es desprenderse de la idea de *"secuencia"* en la que un elemento da lugar otro.

"NO TENEMOS NECESARIAMENTE UN COMIENZO".

En vez de eso, sugiere pensar en un *"devenir asincrónico"* en que los elementos nacen de forma parcial y no total.

En su artículo, el investigador reconoce que esta idea del "devenir asincrónico" suena como un "acertijo fantasioso" y que es "necesario un nuevo tipo de matemáticas para entender el "devenir asincrónico" y sus consecuencias en la naturaleza del tiempo".

El trabajo de Bento "ofrece los primeros pasos para establecer una comprensión matemática del Big Bang y su posible prehistoria", según dijo a BBC Mundo el astrofísico Niayesh Afshordi, investigador en el Instituto Perímetro de Física Teórica en Canadá, quien no estuvo involucrado en este trabajo.

Bento espera que en futuros experimentos se puedan probar las consecuencias de modelos como los que él propone.

ENCUENTRAN EL PRIMER CRÁNEO SOMETIDO A LA PRIMER CIRUGÍA DE LA HISTORIA, DE HACE 6 MIL AÑOS.

La primer cirugía de la historia podría haber sido un mal diagnóstico de una infección de oído, según los restos de un paciente prehistórico en España.

PUBLICADO POR: amp_author_box()

TOMADO DE:

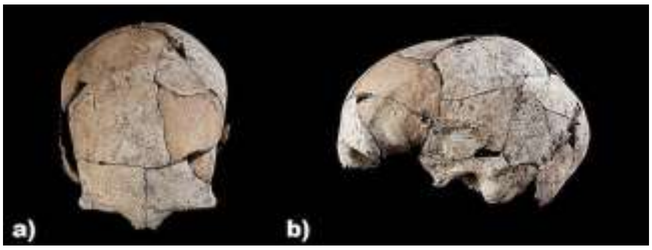
NATIONAL GEOGRAPHIC EN ESPAÑOL

CRÉDTO FOTO: NAVARRO ET AL. (2022), FUENTE FOTO: SCIENTIFIC REPORTS.

Sucedió en España. A los pies de una antigua estructura megalítica, un equipo de arqueólogos **encontró un cráneo severamente intervenido**. Al analizarlo con detenimiento, se percataron de que las modificaciones que tenía no sólo eran intencionales, sino que pudieron haber sido curativas. Hace 6 mil años, médicos antiguos **intentaron llevar a cabo la primer cirugía de la historia**.

A partir de los restos orgánicos del paciente, los científicos determinaron que seguramente padeció de **algún malestar en el oído**. Es probable que la persona haya padecido de fiebres, que se pudieron interpretar antiguamente como posesiones. Posiblemente, los médicos de aquel entonces intentaron arreglar una infección **quebrando todo el hueso del cráneo**.

A carne viva



CRÉDITO FOTO: NAVARRO ET AL. (2022) / SCIENTIFIC REPORTS.

A partir de los restos del paciente, lo más probable es que la cirugía no hubiera tenido el mejor resultado. Lo que es más: **no se encontró nada más que el cráneo**, con incisiones profundas que cortan la mayor parte del lado izquierdo. Las cortadas se realizaron a la altura de la oreja, lo que condujo a los científicos a pensar que se trató de **una *solución primitiva* para una infección de oído:**

«Sin tratamiento, el líquido puede acumularse detrás del tímpano, causando posiblemente un bulto visible en el cráneo, pérdida de la audición o incluso una inflamación potencialmente mortal de la membrana externa del cerebro», explicó *Science Alert*.

Además, los arqueólogos sugieren que los huesos pertenecieron a una mujer anciana. La datación revela que, al momento de morir, **tuvo entre 35 y 50 años**. Para la época, seguramente ya había conocido a sus nietos. Los científicos piensan que su muerte fue dolorosa, ya que **es poco probable que haya estado sedada** para mitigar el dolor. El procedimiento, por tanto, se realizó a carne viva.

«Dada la **cronología premetalúrgica del yacimiento,** esta intervención quirúrgica debió realizarse con un instrumento lítico», escriben los autores en *Scientific Reports*. En torno a sus restos, se encontraron algunos bienes que seguramente **sirvieron como parte de su ritual funerario**.

¿Quién fue el primer cirujano de la historia?

Los primeros registros de procedimientos quirúrgicos que se tienen **han sido ubicados en Mesopotamia**. Hace unos 4 mil años, se sabe que los médicos locales usaban derivados del opio para llevar a cabo cirugías específicas. Sin embargo, los restos de la paciente en España revela que este tipo de intervenciones tienen, al menos, **2 milenios más de antigüedad**.

A diferencia de lo que ocurrió en Mesopotamia, las personas que fueron sometidas a este tipo de **cirugías prehistóricas fueron sometidas a gran dolor**. Quizá sobrevivieron la cirugía, pero las condiciones sanitarias **no les permitieron sanar de la mejor manera.** Los inicios de la anestesia se registraron 2 mil años más tarde, después de que varios pacientes perdieran la vida en estas condiciones precarias.

Con todo lo anterior, no se tiene certeza sobre **quién fue el primer cirujano de la historia**. Sin embargo, es casi seguro que la primer paciente de cirugía de oído tuvo infecciones bastante severas. Más que nada, concluyen los autores, «porque sin anestesia, los investigadores predicen que una cirugía de oído prehistórica **habría sido insoportablemente dolorosa**».

Comentarios de Flavio Lo Presti sobre 'Subjetividad y verdad' de Michel Foucault.

En este curso dictado en el Collège de France durante 1981-1982, Foucault se preguntó si la pérdida del supuesto paraíso sexual del mundo helénico tuvo su origen en el cristianismo o en la tristemente célebre moral burguesa.

Publicado en Noticias Universitarias por Luis Montes - montluis@gmail.com

"Soy Flavio Lo Presti, docente, periodista y escritor. Desde hace años me dedico a leer y comentar libros, y voy a hacerlo ahora con uno del Fondo de Cultura Económica".

Todo lector tiene la certidumbre de que el vasto universo de los libros es inaccesible, y no es culpa de Borges y la Biblioteca de Babel. Lo hace muy gráfico el comienzo de *Si una noche de invierno un viajero*, de Italo Calvino, cuando hace un inventario de las posibles categorías en una librería, casi todas pertenecientes a distintas formas de lo ignorado. Un teórico francés, Pierre Bayard, intenta legitimar una serie de procesos que llama no lectura con la convicción de que hemos sacralizado la lectura efectiva, de que confiamos demasiado en haber leído: ¿qué queda en nosotros después de leer?

El título del libro de Bayard es extraordinario: *Cómo hablar de los libros que no hemos leído*, y siempre tuve la impresión de que los libros de filosofía, escritos por filósofos, quedaban recluidos en ese rincón, suplementados por formas discursivas de segunda mano: todo lo que sé de Platón, Hegel y Aristóteles, más allá de alguna fotocopia, lo sé de oídas en clases universitarias y de la lectura del probablemente indefendible (no lo sé) manual de García Astrada que usaban en la Facultad de Derecho. Es una confesión difícil de hacer contra los imperativos que identifica Bayard: la obligación de leer, la obligación de leerlo todo, la obligación de haber leído el libro para hablar de él. Quizás como herederos tenues de Borges (por connacionales) podamos aprovecharnos de esa cualidad que Umberto Eco reconoce envidiarle en el prólogo a *El nombre de la rosa*: hablar de lo que no leyó, evitar, como dice el propio Bayard, el entorpecimiento que significa el conocimiento directo, y elegir uno muy superior, el del mapa de la cultura.

Lo cierto es que siempre me asustó Michel Foucault. En "Lucas, sus pudores", una viñeta sobre la imposibilidad de dar libre salida a un pedo en el medio de una fiesta en un departamento, Cortázar hace de Foucault el tema de conversación que incrementa, desde su refinamiento y profundidad, la angustia gastrointestinal del neurótico Lucas. Hace poco leí una historia de *Tel Quel* escrita por un experto español y me costó bastante entender las zonas más abstrusas de las teorías que sostenían en esa revista que (junto a Kristeva, Derrida y Deleuze, y con el sol Sollers en el centro) tenía a Foucault entre sus satélites. De hecho, hay un meme que circula sobre Derrida y sus dificultades para ser comprendido, por decirlo elegantemente, que yo hubiera firmado debajo de la cara de Foucault. Aterrorizado por la leyenda del galimatías francés, no pasé de la famosa ejecución en *Vigilar y castigar*, y ya no quise retomarlo: el volumen es un trofeo a conquistar, y ahora quizás me anime, porque era una falsa idea.

Subjetividad y verdad es, de hecho, un thriller, con la misma intensa capacidad de sostener al lector que (digamos) un libro de Highsmith. Pero al mismo tiempo, la elección de la entrada al tema es tan hilarante que parece cruzado por una veta de comediante que uno le intuye a Foucault, por ejemplo, en esa insidiosa polémica que sostuvo con el voluntarioso y adorable Noam Chomsky. Foucault nos hace entrar en una puntillosa persecución de la aparición del deseo como elemento disparador de una nueva concepción de la relación entre sexualidad y subjetividad: se afirma, en estas páginas, que los griegos no conocían la sexualidad como una dimensión complementaria de la subjetividad, sino como una mecánica en bloque de deseo, acto y placer; también se dice que no conocían la noción de sujeto, cuya emergencia amenaza con ser uno de los asesinos de esta historia.

Pero para llegar a esa zona de revelaciones arrancamos con una hilarante identificación de las apariciones que ha hecho, en Occidente, la historia de la virtud conyugal del elefante (una ética sexual triste, al decir de Michel). En San Francisco de Sales, en Buffon, en Aldrovandi, en el *Fisiólogo*, en Plinio, entre el siglo XVIII y Aristóteles, un elefante que no pelea con otros machos por la hembra, que se mantiene castamente fiel respetando el período de gestación, que se mantiene púdicamente lejos de la vista de otros de su especie a la hora del amor, que solo copula para procrear y que se baña después del sexo, un elefante que uno podría comparar con el padre de la Brady Bunch o con Ned Flanders, recorre como un fantasma toda Europa para sostener que la árida moral conyugal, a la que solemos dar origen en el cristianismo o en las necesidades del capitalismo, existía ya entre los estoicos (y también entre autores no estrictamente estoicos).

¿Cómo pasamos de la ética sexual grecolatina regida por los principios de isomorfismo sociosexual (las relaciones sexuales tienen que replicar las relaciones sexuales: varones activos versus muchachos, esclavos y mujeres pasivas, por ejemplo) y lo que Foucault llama principio de actividad (el único que es pensable es el placer del varón) a una "insularización" del sexo en el matrimonio, a la supresión de la distinción entre Eros (el amor) y Afrodita (el placer natural) y al establecimiento de una "cadena única del amor"? ¿Cómo se concibió el placer femenino o el del *partenaire* pasivo en estos lejanos tiempos? ¿Cómo deja de ser aceptado el no tan libre amor por los muchachos? ¿Cómo surge el autocontrol del deseo que deriva en la aparición del sujeto que fuimos? ¿Por qué estallan de forma pulviscular discursos que Foucault llama "técnicas de vivir", libros de consejos sobre cómo tener un buen matrimonio que se parezca mucho a las relaciones que el elefante de Francisco de Sales mantiene con "sus hembras"?

La respuesta a esta última pregunta es quizás uno de los momentos más intensos de *Subjetividad y verdad*: el inspector Foucault nos recuerda que no podemos pensar que la presión de lo real va a desencadenar necesariamente un discurso, que no podemos tomar un discurso como documento directo de una "presión" de lo real. Ahí aparece una idea extraordinaria: la de sorpresa epistémica. Que haya locos, nos dice Foucault, no debería impedirnos sentir sorpresa ante la existencia del discurso psiquiátrico; la realidad no debería indultarnos de la sorpresa frente a los discursos (notablemente ineficaces a lo largo de la historia, pero muy capaces de sostener efectos en nuestras vidas) que reclaman decir la verdad.

Las respuestas están en este fantástico thriller epistemológico escrito por el que, descubro ahora, es uno de los estilistas más brillantes de la historia de la filosofía. Obviando las consideraciones de Pierre Bayard, no solo lo leí entero: no pude soltarlo.

Comentarios sobre este artículo, se le pueden enviar a Flavio Lo Presti a la dirección electrónica lecturasdefondo@fce.com.ar.

Por favor: Silencio. (Parte I)

Por: DR. EDGAR REDONDO
Enviado vía Facebook

EDGAR REDONDO

Nació en Caracas, Venezuela. Actualmente residenciado en Madrid, España. Egresó como Bachiller del Liceo Carlos Soublette. Realizó estudios universitarios de Pre y Postgrado en la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL), Universidad Nacional Abierta (U.N.A.), Universidad de Carabobo, Universidad de Málaga, Universidad de Córdoba, Universidad del Sur Cancún. Se ha desempeñado como docente en Universidad de Carabobo, Universidad Central de Venezuela y Universidad Nacional Abierta.

Vivimos en sociedades donde la promoción del bullicio es constante, donde nos hemos acostumbrados al ruido y a un parloteo incesante en el que todos hablamos sin apenas escucharnos... Al parecer, irremediablemente nos arrastra esa sociedad en la que no se puede vivir sin la bulla, aunque ese bombardeo nos lleve irremediablemente a todos a la idiotización.

Ante esa avalancha se nos olvida que el disminuir esa estimulación desde fuera es la única fórmula que tenemos para aumentar la de dentro, para así podernos oír y con ello centrarnos en nuestro interior...

Allí el silencio es ORO... por lo que siempre deberíamos tener una buena razón para romperlo... Difícil, sí... Más en esta “sociedad de la información” en la que estamos permanentemente conectados a algo, siendo asediados por un sinfín de estímulos... Así, incluso el pensar (con palabras, como diría Wittgenstein) se hace difícil.

Además, el silencio tiene una pésima prensa, sobre todo en nuestra cultura occidental... Lo vemos como equivale al vacío, a la nada e, incluso, lo asociamos a la muerte... Tal vez por ello es nuestro afán por hablar (hasta cuando no es necesario) esto nos ha alejado tanto deL silencio que nos ha llevado a un punto en el que hemos llegado a temerle, por lo que concluimos que el tener buenas relaciones implica estar constantemente hablando y saber lo que piensa el otro, sin entender que en una relación resulta muy positivo el poder estar juntos, relajados y sin necesidad de decir algo en todo momento, dejando siempre espacios de silencio sin que los miembros cuestionen la calidad de la misma.

Por otra parte, es saludable el optar por el silencio en vez de meterse en discusiones inútiles. ¡Aaah!... y también es meritorio señalar el que existen muchas situaciones que requieren de nuestra valentía y de nuestra denuncia, y ante ellas no debemos callar, ni taparnos los ojos ante situaciones injustas.

Lo cierto es que hay sociedades que le dan al silencio un valor inmensurable, tales como ocurre en el Budismo y en el Taoísmo...

Temor y desconfianza en el futuro.

Por: HERNANI ZAMBRANO GIMENEZ
TOMADO DE: El carabobeño.com – 9 de mayo de 2021

HERNANI ZAMBRANO GIMENEZ

Egresado de Universidad Central de Venezuela. Estudios de Postgrado en la Universidad de Stanford (USA). Profesor y Ex Director de Escuela de Educación (Universidad Carabobo, Valencia, Venezuela). Ex Director Escuela de Psicología (Universidad Arturo Michelena, Valencia, Venezuela). Asesor de Empresas y Productor Radial en Universitaria 104,5 FM (Universidad Carabobo, Venezuela). Correo Electrónico: hernaniz@yahoo.com

Hoy, con frecuencia, y en forma recurrente, nuestros pensamientos más importantes son los que contradicen nuestros sentimientos, y esto genera fuertes conflictos y contradicciones psíquicas, que en algunas personas se desarrollan como temores y miedos.

A esa situación podemos agregarle lo que se dice haber sido expresado por el poeta latino Marco Valerio (40-104), en soberbias y potentes palabras: *“El verdadero dolor es aquel que se sufre sin testigos”. Cruel y frontal expresión.*

El miedo al futuro es como un fantasma de desconfianza capaz de conducirnos a grandes destrozos. Vivir con temor o miedo al futuro es como vivir en la oscuridad de los tiempos pasados presente y futuro, con todos los sentimientos, tanto el físico, el psíquico y el social, atados a diario a nuestras consciencias. Lo primero por hacer, pensamos, es **¡no tenerle miedo al miedo!**

“El problema de este siglo es que el futuro ya no es lo que era” como lo dramatizó Paul Valéry, ¿pero cómo era ese pasado? La guerra sigue siendo una masacre entre gentes que no se conocen, para provecho de gentes que si se conocen, pero que no se masacran”.

¡Grandes atentados, de magnitudes que nunca habíamos conocido, sabemos ahora que pueden ocurrirnos! ¡Los medios sociales nos los exponen, detallados, en sus dramáticas realidades! Movilizaciones humanas que desajustan la convivencia en países de tradición por su estabilidad.

Guerrillas, violencia social sangrienta con hambrunas en nuestras ciudades, caravanas de emigrantes que huyen del país donde una vez vivimos, y vivieron bien, nuestros abuelos y otros ancestros. ¡Todo esto es dura realidad! **¡Podemos “tocarla”!**

Pandemias impredecibles, y mucho más, comienzan a armar en muchas personas de todo el planeta un **pánico al futuro,** que debemos aprender a manejar para controlar las ahora dolientes crisis emocionales.

¡Todos estos eventos ya dejaron de ser “fantasías”, temas de películas, novelas televisivas, o lo que ocurría, a “otros”, en otras latitudes! Con tanta crisis envolvente, el temor, el miedo, o, en casos extremos, el pánico al futuro es una realidad para la cual no nos hemos preparado, y que debemos aprender a administrar, por nuestro beneficio (o no perjuicios).

Academia de estudios de cambios sistémicos sociales.

Por IVÁN JAIME URANGA FAVELA
Escritor e investigador social mexicano

Soy José Revueltas y quiero mandar un mensaje de apoyo de los intelectuales de México al Movimiento Estudiantil (M68). Dijo el maestro José Revueltas en una asamblea del Consejo Nacional de Huelga en la UNAM en 1968 al moderador que anotaba a los oradores. El moderador preguntó: ¿Y cuántos y quiénes son los intelectuales que apoyan al Movimiento? El maestro José Revueltas contestó: Por lo pronto uno, yo. La historia registra que en 1968 decenas de intelectuales se sumaron al M68 convocados por el maestro José Revueltas. ¡Todo empieza con uno!

Así ocurre con la Academia de estudios de cambios sistémicos sociales. ¿Con cuántos miembros cuenta la Academia? Por lo pronto, que yo conozca solo uno, el que esto escribe. Todos los proyectos de construcción empiezan cuando se coloca la primera piedra. El maestro José Luis Cuevas comentó alguna vez: Una hoja en blanco me intimida, en cuanto la veo, no se me ocurre nada para dibujar. Por eso, acostumbro antes de fijar la vista en ella trazar un garabato, el que sea, a partir de ese garabato dibujo la idea que en ese momento se me ocurre.

Para estimular la creatividad en mis hijos, sobrinos, nietos y bisnietos, acostumbro poner un punto en una hoja en blanco. Enseguida les pregunto: ¿Qué es? Al principio, cuando no tienen creatividad, dicen: Un punto. Luego, a partir de ese punto dibujo una flor, vuelvo a poner otro punto y vuelvo a preguntar, algunos ya dicen que el punto es una flor. Pero a partir de ese punto, ahora dibujo una carita feliz, los más creativos ya entienden el mensaje: Todos los dibujos, los que sean, empiezan por un punto.

Después de esta clase de creatividad me retiro. De lejos observo que ponen un punto y preguntan a los otros ¿qué es?, enseguida, salen manzanas, gatos, perros, una nube, el sol, la mamá, el papá, etc. ¡De un punto sale el universo!

Así, la Academia de estudios de cambios sistémicos sociales, pretende ser el punto que desate la creatividad de los jóvenes, que aprendan a leer la realidad con ojos más despiertos, que aprendan a interpretar esa realidad con pensamiento actual, que les sirva para entender el mundo presente y ser protagonistas en la construcción de un mundo mejor. Dejar de ser actores pasivos, camarones que se duermen y se los lleva la corriente.

Karl Marx y otros sabios pensadores del pasado interpretaron de manera brillante el mundo en que les tocó vivir. Incluso, descubrieron leyes que hoy seguimos usando para interpretar el mundo. Porque forman parte de la ciencia social. Estudiar sus escritos como recetario de cocina y, pensar que todo lo escrito por ellos es aplicable al mundo actual, es ignorar las leyes del cambio permanente que nos enseña la dialéctica. En suma, esa forma de actuar se llama dogmatismo.

Es incorrecto dar las mismas respuestas a preguntas nuevas. Todo cambio sistémico social trae consigo nuevas preguntas, si usted solo tiene las respuestas del sistema anterior, vivirá frustrado y en la queja permanente pensando que todo era mejor antes.

¿Mejor antes? Cuando teníamos que acarrear agua a la casa porque no había agua potable entubada; cuando nos alumbrábamos con velas, cachimbas y lámparas de petróleo; cuando cocinábamos en estufas de petróleo y toda nuestra ropa olía a él; y cuando olíamos a leña. ¿Todo tiempo pasado fue mejor? Ni de broma. ¡Solo analfabetas que no saben leer la realidad pueden afirmar eso!

La Academia de estudios de cambios sistémicos sociales, que el día de hoy fundamos, tiene como fin:

Fomentar la lectura de la realidad actual, interpretarla y construir la teoría revolucionaria para construir el mundo mejor que deseamos para todos.

Difundir al mundo entero los documentos que ya existen sobre los cambios sistémicos sociales que han ocurrido en la humanidad desde la 1ª revolución industrial y seguir generando documentos y materiales audiovisuales que expliquen esos cambios sistémicos sociales.

Crear un grupo de estudiosos de la era de la información y el paso a la era del conocimiento y vincularlo con otros grupos estudiosos de la 4ª Transformación del sistema social, el cual se encuentra en curso.

Ganar la batalla de las ideas a los perversos, mezquinos que nunca faltan, que tratarán de aprovechar la era del conocimiento para dominar a la especie humana y llevarla a su extinción, con ellos incluidos.

Proporcionar material y asesoría a egresados de todas las carreras para que elaboren sus Tesis de licenciatura y postgrados. Sobre los temas de la Academia de estudios de cambios sistémicos sociales.

La hipótesis de la Academia de estudios de cambios sistémicos sociales es:

Desde la 1ª revolución industrial que engendró el sistema capitalista hasta el día de hoy, han ocurrido tres transformaciones sistémicas. La 2ª revolución industrial creo dos sistemas que convivieron en unidad y lucha de los contrarios (ley de la contradicción).

Esos sistemas fueron el sistema imperialista y su contrario el sistema socialista soviético. Ambos son los protagonistas de la guerra fría. La humanidad vivió el final de la guerra fría, la declinación de la hegemonía de ambos sistemas y el nacimiento con la 3ª revolución industrial del sistema Omecafi. Aunque no es correcto llamar a la 3ª Transformación (3.0T), revolución industrial, porque ya no ocurre en la industria sino en el sistema financiero. La 3.0T da origen al sistema Omecafi y su contrario con el que convive en unidad y lucha, el socialismo estilo China.

El sistema Omecafi (oligarquía mafiosa especuladora canalla financiera internacional) acumula riqueza y poder mediante especulación y usura, tiene como lacayo al gobierno y congreso estadounidense y, por ende, a las instituciones de espionaje y terrorismo y al ejército más poderoso del mundo EEUU/OTAN/Israel. En el lado contrario el socialismo estilo China, controla la manufactura del planeta y aliado con Rusia militarmente, mantiene el equilibrio de fuerzas.

Es imperativo saber cómo resolver la contradicción entre estos dos sistemas de manera pacífica, dado que existen armas de destrucción masiva que pueden exterminar a la especie humana. Así mismo, la humanidad se dividió entre menos del 1% ACREEDORES contra el 99% DEUDORES, el problema es que los deudores están divididos y peleando entre ellos.

La presión sobre los recursos naturales es brutal, se destruyen los sistemas que sostienen la vida en el planeta; las especies vivas, incluida la humana, están en peligro de extinción. ¿Cómo resolver este enigma?

Estamos en la víspera de la 4ª Transformación, sabemos que viene la era del conocimiento, pero todavía no sabemos el nombre de los dos sistemas que convivirán en unidad y lucha de los contrarios en el futuro.

¡Son los enigmas para resolver por la Academia de estudios de cambios sistémicos sociales!

¡Bienvenidos aficionados, técnicos y profesionistas que quieren y aman hacer ciencia social en serio!

ARQUEO LITERARIO: Revisiones Críticas. (VIII).

Obra: *El mundo de Sofía. Novela sobre la historia de la filosofía*. AUTOR: Jostein Gaarder (2002). Título original: *Sofies verden. Roman om filosofiens historie.* Traducción: Kirsti Baggerthun y Asunción Lorenzo. Ediciones Siruela: España. ISBN 84-7844-322-3.
Presentado por: Colectivo transdisciplinario de ciencias sociales.

Enviado vía Facebook por Dr. VÍCTOR HERMOSO AGUILAR

Poco antes de cumplir los quince años, la joven Sofía recibe una misteriosa carta anónima con las siguientes preguntas:

«¿Quién eres?», «¿De dónde viene el mundo?».

Éste es el punto de partida de una apasionada expedición a través de la historia de la filosofía con un enigmático filósofo. A lo largo de la novela, Sofía irá desarrollando su identidad a medida que va ampliando su pensamiento a través de estas enseñanzas: porque la Verdad es mucho más interesante y más compleja de lo que podría haber imaginado en un principio.

El mundo de Sofía no es sólo una novela de misterio, también es la primera novela hasta el momento que presenta una completa –y entretenida– historia de la filosofía desde sus inicios hasta nuestros días.

Venezuela, personajes, anécdotas e historia.

Simón Díaz

Cantante, músico, compositor, poeta, humorista, caricaturista y empresario venezolano.

Versión del artículo original DE: ANA ISABEL LAGUNA.
TOMADO DE: El carabobeño.com

(1928-2014)

Simón Narciso Díaz Márquez.Nació en Barbacoas, estado Aragua, el 8 de agosto de 1928. Falleció el 19de febrero de 2014, a los 85 años de edad, en la Ciudad de Caracas. Fuemás conocido como **Simón Díaz** o como **El Tío Simón**. Se destacó brillantemente como cantante, músico, compositor, poeta, humorista, caricaturista y empresario venezolano.

Fue uno de los ocho hijos del matrimonio de Juan Díaz y de María Márquez de Díaz. El también fallecido actor y comediante venezolano José Díaz "Joselo", fue su hermano. Díaz estuvo inmerso tanto en la música como en la vida campesina desde niño. Barbacoas era un pueblo ganadero y Simón Díaz absorbió ahí la música y tradiciones del llano. Desde pequeño improvisaba coplas y tonadas que escuchaba de los artistas que se encontraban en su localidad.

Su formación musical se originó en casa, en donde su padre le enseñó lo básico. Juan Díaz tocaba el cornetín en la banda del pueblo, y lo animó a aprender a tocar el cuatro venezolano y a componer y cantar boleros.

Luego de la muerte de su padre, en 1940, se trasladó con sus siete hermanos y su madre a San Juan de los Morros. Allí culminaron sus estudios de primaria y él, particularmente, recibió sus primeras lecciones de música con el maestro Ramón Ziegler. *"A los 12 años murió mi papá y me tocó a mí ser el hombre de la familia"*, relató Díaz en una oportunidad. En aquel entonces, dedicó buena parte de su tiempo a vender dulces, empanadas y otras comidas preparadas por su madre para sostener a sus siete hermanos.

INCURSIONES EN EL CINE, LA RADIO Y LA TELEVISIÓN.

Su carrera televisiva comenzó en 1960 con el programa La Quinta de Simón y continuó con Reina por un Día, Criollo y Sabroso, Mi llanero favorito, Venezolanamente, Simón cuenta y canta, Pido la palabra, El Show de Joselo y Simón, y Contesta por Tío Simón.

En 1961 contrajo matrimonio con Betty García Urbano, permaneciendo casado con ella hasta el momento de su muerte. De esta unión nacieron sus tres hijos: Juan Bautista Díaz García, Bettsymar Díaz García y Simón Humberto Díaz García.

En 1978, inició un nuevo espacio en el canal estatal Venezolana de Televisión titulado Las Artes y Los Oficios, pero solo grabó un programa junto al actor y declamador venezolano Oscar Martínez, quien falleció en un accidente una semana después, por lo que el programa fue cancelado.

Su carrera televisiva se extendió hasta los años de la década de 1990 con otros programas en los que promovía la música y tradiciones venezolanas. En 1963, Simón Díaz hizo su primera aparición en el cine en la cinta Cuentos para mayores, dirigida por Román Chalbaud. Le siguieron, con participaciones como actor, las producciones Isla de sal (1964), El reportero (1966), La bomba (1975), Fiebre (1976), La invasión (1977) y La empresa perdona un momento de locura (1978).

La radio también sirvió para afianzar la popularidad del intérprete. El espacio Media Hora con Joselo y Simón, era una mezcla de música y humor que realizó con su hermano a través de la emisora venezolana Radio Rumbos a las 6:30 de la tarde. También presentó Rumbos, Coplas y Canciones, por varios años con altos índices de sintonía, al lado de la vocalista Josefina Rodríguez y el músico Vicente Flores.

EL FALLECIMIENTO.

Tras el deterioro progresivo de su salud, el artista falleció en Caracas el 19 de febrero de 2014. Su hija, Bettsymar Díaz, anunció su fallecimiento a través de su cuenta Twitter, escribiendo textualmente: *"Con lágrimas le anuncio al país que mi amado padre, partió esta mañana, en paz"*. Simón Díaz fue sepultado el día 21 de febrero en el Cementerio General del Este en medio de manifestaciones de artistas, familiares, conocidos y público en general. La importancia del artista hizo que el Gobierno venezolano decretara tres días de luto oficial por su desaparición física. (Fuente: http://www.radiomundial.com.ve).

Simón Díaz

GALERÍA

John Carr

Nació el 29 de agosto de 1948 en East Heddon, Northumberland, Inglaterra; y falleció el 14 de julio de 2016 en Edimburgo, Escocia.

John Carr era conocido por todos como **Jack Carr**. Nació en una familia de campesinos en la granja Birds Hill en East Heddon, Northumberland. East Heddon está situado al noreste de Inglaterra, a unos 15 km al oeste de Newcastle-upon-Tyne. Jack tenía dos hermanos mayores y los tres niños tuvieron que colaborar con sus padres en el trabajo en la granja. Mientras él era todavía un colegial, la familia se trasladó a Ryton, en County Durham, pero después de llegar allí la escolaridad de Jack se interrumpió cuando se enfermó, perdiendo un año en la escuela. Olvidándose de una educación universitaria, dejó el colegio a la edad de quince años y fue empleado como técnico de la General Post Office (GPO), una oficina de correo, que en aquel momento funcionaba como parte del sistema telefónico británico.

Además de su trabajo en la oficina de correos, Carr estudió en la escuela nocturna. También pudo estudiar matemáticas utilizando los libros que pidió prestado en la biblioteca local y al estudiar más crecía su amor por las matemáticas. Al darse cuenta que su técnico era un joven muy talentoso, la oficina de correos le ofreció apoyo financiero para que estudiara matemáticas en una universidad. Carr aceptó la oferta y estudió matemáticas en la Universidad de Bath. Era una Universidad muy nueva cuando Carr inició sus estudios allí, su estatus como Universidad se le reconocía desde 1966 y muchos de sus edificios estaban aún en construcción en su nuevo campus en la colina de Claverton Down, en las afueras de Bath. Sin embargo, había sido un establecimiento educativo por más de 100 años antes de eso aunque, antes de 1964, estaba ubicada en Bristol. Carr se graduó en 1971 con los honores de primer lugar en la clase en matemáticas y su desempeño había sido tan bueno que se le ofreció un lugar en la Universidad de Oxford para estudiar una maestría. En Oxford, su desempeño fue excelente y, después de obtenerla maestría, emprendió la investigación para obtener un doctorado asesorado por Bryce McLeod. Obtuvo un doctorado en 1974 por su tesis *The Asymptotic Behaviour of the Solutions of Some Linear Functional Differential Equations* (El comportamiento asintótico de las soluciones de algunas ecuaciones diferenciales funcionales lineales). Janet Dyson estaba estudiando para un doctorado en la Universidad de Oxford, al mismo tiempo que Carr y su tesis fue sobre un tema similar al de Carr, a saber, *Some topics in functional differential equations* (Algunos tópicos en ecuaciones diferenciales funcionales) (1973). Carr y Dyson publicaron tres trabajos en co-autoría entre 1974 y 1975, uno de ellos en las *Actas* de la *Conferencia sobre Ecuaciones Diferenciales Ordinarias y Parciales* celebrada en la Universidad de Dundee, Escocia, en 1974 y los otros dos en las *Actas* de la *Real Sociedad de Edimburgo*. Mientras que en Oxford, Carr se encontró con Teresa; más tarde se casaron y tuvieron tres hijos, Sam, Nancy y Emily.

En 1974 Carr fue nombrado profesor de matemáticas en la Universidad de Heriot-Watt en Edimburgo, Escocia. Permaneció el resto de su carrera en esta universidad, donde fue promovido a profesor titular en 1982 y fue jefe del Departamento de Matemáticas entre 1992 y 1996.

En 1981, Carr publicó el libro *Applications of centre manifold theory* (Aplicaciones de la teoría del múltiple central). Escribió la siguiente descripción de su contenido:

> *Estas notas se basan en una serie de conferencias impartidas en el Centro para Sistemas Dinámicos de Lefschetz en la División de Matemáticas Aplicadas de Universidad de Brown durante el curso académico 1978-1979. El propósito de las conferencias fue dar una introducción a las aplicaciones de la teoría múltiple central a las ecuaciones diferenciales. La mayoría del material se presenta de una manera informal, por medio de ejemplos trabajados con la esperanza de que esto aclare el uso de la teoría múltiple central. La principal aplicación de la teoría múltiple central en estas notas es a la teoría de la bifurcación dinámica. La teoría de bifurcación dinámica se refiere a cambios topológicos en la naturaleza de las soluciones de ecuaciones diferenciales como parámetros que son variados. Un ejemplo es la creación de órbitas periódicas desde un punto de equilibrio como un parámetro que cruza un valor crítico. En determinadas circunstancias, la aplicación de la teoría múltiple central reduce la dimensión del sistema bajo investigación. En este sentido la teoría múltiple central juega el mismo papel para los problemas dinámicos mientras se reproduce el procedimiento de Lyapunov-Schmidt para el análisis de soluciones de estática. Nuestro uso de la teoría múltiple central en problemas de la bifurcación sigue a Ruelle y Takens y a Marsden y McCracken.*

En una revisión del libro, el experto soviético de sistemas dinámicos no-lineales Rifkat Ibragimovich Bogdanov (1950-2013) escribe (leer referencia [2]):

> *Un múltiple central (o neutral) para un campo vectorial en su cero es un múltiple invariante correspondiente a las propias partes del cero real del campo vectorial linealizado. Este libro está dedicado al conocido método de la reducción de las trayectorias de campo vectorial inicial a la de su restricción al múltiple central. El libro incluye el teorema de la existencia más simple y el teorema de la aproximación para un múltiple central (con el complemento para el caso dimensional infinito). La bifurcación de campos vectoriales de codimension uno y la bifurcación (también en presencia de la rotación simétrica de π-ángulo del plano de los campos vectoriales de codimensión dos son descritos. Las aplicaciones de los métodos anteriores a un panel sobre problema de agitación están incluidas.*

En 1982, el año siguiente a la publicación de este libro, Carr escribió dos trabajos en colaboración con Robert G. Muncaster: *Theapplication of centre manifolds to amplitude expansions*. I. *Ordinary differential equations*; y *The application of centre manifolds to amplitude expansions*. II. *Infinite-dimensional problems*. Muncaster fue Investigador Asociado en la Universidad de Heriot-Watt entre 1976 y 1979 antes de trasladarse a la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign donde trabaja desde entonces. Carr publicó muchos trabajos importantes a lo largo de su carrera y solo se señalan aquí los títulos de un pequeño número de ellos: (con Oliver Penrose) *The Becker-Döring cluster equations: basic properties and asymptotic behaviour of solutions* (1986); (con John M. Ball) *Coagulation-fragmentation dynamics* (1987); (with John M. Ball) *Asymptotic behaviour of solutions to the Becker-Döring equations for arbitrary initial data* (1988); (with John M Ball) *The discrete coagulation-fragmentation equations: existence, uniqueness, and density conservation* (1990); *Asymptotic behaviour of solutions to the coagulation-fragmentation equations. I. The strong fragmentation case* (1992); y (con Adams B) *Spatial pattern formation in a model of vegetation-climate feedback* (2003). John Macleod Ball estuvo en Heriot-Watt de 1972 a 1996 antes de ser nombrado Profesor Sedleian de Filosofía Natural en la Universidad de Oxford. Ha sido galardonado con numerosos premios y medallas, elegido a la Real Sociedad en 1989 y nombrado Caballero en 2006.

En 1999, en colaboración con Julian Hunt, profesor de matemáticas de la Universidad de Cambridge, Carr escribió *Matemáticas para el siglo XXI* que fue impresa en el *Times Higher Education Supplement*. Este artículo fue en anticipación del cuarto *Congreso Internacional sobre lo Industrial y la Matemática Aplicada* que se celebró en Edimburgo del 5 al 9 de julio de 1999. Robert Edmund O'Malley, un matemático estadounidense que había permanecido un año en la Universidad de Heriot-Watt en 1970, asistió a este congreso y escribió en la referencia [8] acerca de la contribución de Carr para organizar esta conferencia:

> *Edimburgo y los matemáticos de la Heriot-Watt Jack Carr, Lyn Thomas, Michael Levitin y Adri Olde Daalhuis se unieron al personal profesional de los responsables de la Reunión en Glasgow y un montón de jóvenes asistentes, incluyendo al hijo de Sir Michael Atiyah, elaborando el registro de funcionamiento de la sede muy eficientemente. En particular, gran parte de la organización preliminar fue lograda mediante la eficiente comunicación electrónica y la Web. Me asombró continuamente durante toda la semana maravillosa convicción de Jack Carr de que todo iba bien con el programa puesto que las personas involucradas superaban el 99%. Si usted presiona, reconocerá las complicaciones que él tuvo, pero nunca dejó que su espíritu bajara. Una útil novedad que introdujo al ICIAM fueron unos breves cambios al folleto que contenía las noticias y destacados del día anterior. Tuvimos mucha suerte que las decisiones de Jack se han redactado para manejar gran parte de la logística.*

Jack Carr no sólo utilizó sus muchas habilidades en investigación, organización de conferencias y docente de pregrado y postgrado. Él y su esposa Teresa organizaron clases de matemática para los alumnos en sus dos últimos años de escuela primaria, en edades entre 10 y 11 años, desde 1991 hasta 2006. Aproximadamente a la mitad de este periodo de dieciséis años, Carr escribió el artículo referencia [3] en el que describía un poco su acercamiento a estas clases que, en estos 16 años, contó con la participación de más de 1000 niños de la escuela primaria escocesa.

Hay otros procesos en los cuales Carr tomó parte y que valen la pena destacar. Uno fue su participación en *Scholarpedia*, una enciclopedia de libre acceso escrita y en constante revisión por expertos académicos de todo el mundo. *Scholarpedia* estaba inspirada en Wikipedia, se comenzó a publicar en 2005 y pretende complementar a *Wikipedia* proporcionando profundos tratamientos educacionales a temas académicos. Cada artículo tiene un solo curador (comisario) que es en última instancia, el responsable del contenido del artículo. El curador de cada artículo es una autoridad mundialmente reconocida en el tema del artículo. Carr era un curador de *Scholarpedia*.

Carr realizó varias visitas de investigación en el extranjero. Él permaneció el año académico 1978-1979 en la Universidad de Brown, en Providence, Rhode Island, EE. UU. Fue allí donde dio la conferencia que publicó como libro en 1981.Visitó el Departamento de Ciencias Matemáticas en la Universidad de Carnegie Mellon, EE. UU., en abril de 2007. Dio el curso de Sistemas Dinámicos en el Instituto Africano de Ciencias Matemáticas en Ghana, en febrero / marzo de 2013, en enero / febrero 2014, y un proyecto de maestría en abril 2014. Él dio la siguiente descripción de su curso de Sistemas Dinámicos:

> *Las ecuaciones diferenciales no lineales y los sistemas dinámicos es una vasta área e incluye profesionales expertos en matemáticas aplicadas, analistas y otros en ciencia e ingeniería. Aunque hay muchos libros sobre ciencia no lineal, no siempre son accesibles a estudiantes graduados principiantes en cuanto a la amplia preparación matemática que con frecuencia ellos requieren. El objetivo principal de este curso es proporcionar una amplia educación en el área que es matemáticamente perspicaz pero carente de gran formalismo. El tema principal será el estudio de la teoría cualitativa y la teoría geométrica de las ecuaciones diferenciales no lineales y los sistemas dinámicos. El enfoque adoptado dependerá en gran medida de ejemplos. Los estudiantes podrán: (a) aprender una serie de técnicas que aumentarán sus posibilidades de éxito al enfrentarse con un problema no lineal. (b) disponer de las ideas fundamentales del tema para que algunos de los libros de texto más avanzados los encuentren accesibles.*

Carr recibió varios honores por su amplia contribución a las matemáticas. En 1986 fue elegido Miembro de la Sociedad Real de Edimburgo. En 2002 él y su esposa Teresa recibieron cada uno el Inspiration Award por la Sociedad Real de Edimburgo. Este premio anual reconoce la excepcional contribución de voluntarios al programa de actividades educativas para jóvenes de la Sociedad Real de Edimburgo

A continuación, se citan algunos extractos de sus obituarios (referencia [6]):

> *El Profesor Jack Carr, un matemático de renombre internacional, fue tras las matemáticas y después tras la educación matemática por puro amor a este tema. Él fue modesto, no estaba motivado por ganancias materiales ni siquiera por un gran deseo de crecimiento profesional. Su investigación y su docencia se basaron impecablemente en altos estándares académicos, conocimiento integral y un raro talento para identificar rápidamente el núcleo esencial de cualquier problema. Fácilmente explicó sus puntos de vista de manera paciente y simple a los estudiantes y a muchos otros que se le acercaron por ayuda.*

En la referencia [5] se lee lo siguiente:

> *Aparte de sus habilidades de investigador excepcional, él fue un miembro influyente y a menudo jefe, de numerosos comités locales, nacionales e internacionales. Siempre fue muy generoso al estimular y ayudar a los estudiantes y colegas, y él hizo todo lo posible para transmitir la emoción de las matemáticas a sus alumnos y a otros.*

E. F. Robertson, uno de los autores de esta reseña biográfica en inglés, la termina haciendo un pequeño comentario personal. En una ocasión llevó a cabo una auditoría académica de una universidad escocesa junto con Jack Carr. Él era el experto en matemáticas aplicadas y Robertson experto en matemática pura.

Carr era una buena pareja para realizar la auditoría. Era muy perceptivo pero igualmente bueno, positivo y útil en sus comentarios. Desde su área de las matemáticas estaba alejado de Robertson, rara vez se encontraban en las conferencias pero Robertson recuerda una reunión conjunta del Coloquio Matemático Británico y el Coloquio de Matemáticas Aplicadas Británico, donde Jack se unió al grupo de matemáticos puros de Saint Andrews, universidad a la que pertenece Robertson, en horas de comida y fue un placer para los de Saint Andrews compartir su compañía.

Referencias.-

Libros:

1. J Carr, *Applications of centre manifold theory* (Springer-Verlag, New York-Berlin, 1981).

Artículos:

2. R I Bogdanov, Review: Applications of centre manifold theory, by Jack Carr, *Mathematical Reviews*, MR0635782 **(83g:34039)**.

3. J Carr, Primary Masterclasses in Mathematics, *Mathematics in School* **28** (1), Special Scottish Issue (1999), 22.

4. J Carr and J Hunt, Maths for the 21st century, *Times Higher Education Supplement* (25 June 1999).

5. Emeritus Professor Jack Carr, Obituary, *Heriot Watt University* (28 July 2016). https://www.hw.ac.uk/news/staff/emeritus-professor-jack-carr-obituary.htm

6. Obituary: Jack Carr, mathematician and Emeritus professor, *The Scotsman* (Friday, 19 August 2016).

7. Obituary: Jack Carr, Mathematician and Emeritus Professor, *Headlines News* (24 August 2016). http://www.headlines-news.com/2016/08/24/1674375/obituary-jack-carr-mathematician-and-emeritus-professor

8. R O'Malley, The People Were Great in Edinburgh! A Highly Personal Trip Account, *SIAM News* (23 September 1999). https://www.siam.org/news/news.php?id=768

Versión en español por R. Ascanio H. del artículo en inglés de J. J. O'Connor y E. F. Robertson sobre "John Carr" (Octubre 2016).
Fuente: MacTutor History of Mathematics [http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Carr.html].