

(2009). Revista Digital Lámpsakos, Número 2.



**FACULTAD DE  
INGENIERÍAS**

**FUNDACIÓN  
UNIVERSITARIA  
LUIS AMIGÓ**

**Número 2. Semestre II-2009**

**MEDELLÍN - ANTIOQUIA  
2009**

**Número 2. Semestre II-2009**

**Director**

**Luis Fernando Vargas Cano**  
Decano Facultad de Ingenierías

**Editor**

**Edgar Serna Montoya**

**Traductor**

**Jairo Humberto Betancur Gómez**

**Diseño y producción**

**Edgar Serna Montoya**

**Derechos**

*Copyleft and Creative Common  
Open Access*

**Colaboradores**

**José Manuel Berrio Jaimes**

**COMITÉ EDITORIAL**

**MSc. Paula Andrea Tamayo Osorio**  
Fundación Universitaria Luis Amigó

**MSc. Jonier Rendón Prado**  
Institución Universitaria de Envigado

**Esp. Ramiro H. Giraldo Naranjo**  
Universidad de Antioquia

**MSc. José Eucario Parra Castrillón**  
Fundación Universitaria Luis Amigó

**MSc. Carlos Mario Durango Yepes**  
Universidad Pontificia Bolivariana

**Esp. Jorge Mauricio Sepúlveda Castaño**  
Corporación Universitaria Remington

**COMITÉ CIENTÍFICO**

**Dr. Mario Tamayo y Tamayo**  
Universidad del Valle  
Colombia

**Dra. Susana Carreras Gómez**  
Sede Universitaria Municipal Camajuaní  
Cuba

**Dr. Fernando Arango Isaza**  
UNAL Facultad de Minas - Medellín  
Colombia

**Lic. Valerio Adrián Anacleto**  
Epidata Consulting  
Argentina

**Dr. Gabriel Hernán Uribe**  
UNAL Facultad de Minas - Medellín  
Colombia

**Dr. Darío Jaén Navarro**  
Universidad San Buenaventura  
Colombia

**MSc. Carlos A. Hernández Medina**  
Sede Universitaria Municipal Camajuaní  
Cuba

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LUIS AMIGÓ**

Tv. 51A 67B-90. Medellín - Antioquia, Colombia

Tel. +574 448 76 66. Fax +574 384 97 97

[lampsakos@funlam.edu.co](mailto:lampsakos@funlam.edu.co)

[revistalampsakos@gmail.com](mailto:revistalampsakos@gmail.com)

**Distribución gratuita online, Open Access**

Se permite la copia y utilización del contenido, se solicita realizar la cita respectiva

*Los autores son responsables del contenido de sus aportes*

# CONTENIDO

- 4. EDITORIAL**  
Investigar y publicar en Ingeniería
- 5. CARTAS AL EDITOR**
- 7. DIVULGACIÓN CIENTÍFICA**
- 8. Función reguladora del sistema nervioso en la pigmentación de la carpa dorada: un experimento de Bioingeniería**  
Javier Cifuentes Portocarrero y Adriana Loaiza Poteros
- 13. Ciencia e Ingeniería en la Biblia**  
Franchesca Tiglioli H.
- 24. Evaluación de la calidad de la asignatura matemática superior I en el ámbito de la Sede Universitaria Municipal Camajuaní Cuba: experiencia de un colectivo de carrera**  
Carlos Alberto Hernández Medina, Delia Velásquez López-Castro y Sandra Pérez Sequeda
- 31. Análisis empírico a la resolución del enigma del tiempo**  
Alfred Diestieg H. y Norman Diertmens P.
- 43. Ingeniería analítica a la convivencia pacífica de la naturaleza, el átomo y el hombre**  
Roger Siberman Fields
- 53. Papel de la Sede Universitaria Municipal en la implementación del programa de promoción agroecológica en las cooperativas campesinas, para el aprovechamiento racional de los recursos naturales, la seguridad alimentaria, restauración del equilibrio ecológico y promoción del cuidado del medio ambiente en el ámbito rural**  
Kenia Faye González y Carlos Alberto Hernández Medina
- 60. Acercamientos a la ciencia, los sueños y el estado de vigilia en Descartes**  
Carlos Enrique Cardozo P.
- 68. Relaciones científico-filosóficas en la teoría del conocimiento**  
Adriana Coyarca Delgado, Diego Leandro Pérez P. y Gabriel Fernán Díaz
- 79. Influencia de la Ingeniería en el desarrollo comercial de la humanidad: Edad Antigua**  
Ana María Saravia G. y Luisa Fernanda Amorim
- 90. PRODUCCIÓN INTELECTUAL**
- 91. Sistemas de información inteligentes para la sociedad de Internet**  
Eucario Parra Castrillón
- 96. La Ingeniería de Sistemas y su evolución hacia la Arquitectura de Sistemas**  
Edgar Serna Montoya
- 106. NOMBRES DE CIENCIA**
- 107. Edsger Wybe Dijkstra**  
Edgar Serna Montoya
- 117. JÓVENES INVESTIGADORES**
- 118. La virtualización y su impacto en las Ciencias Computacionales**  
Luisa Fernanda Ulloa Z.

# EDITORIAL

## Investigar y divulgar en Ingeniería

La labor del ingeniero consiste en estudiar y aplicar las diferentes áreas de la tecnología y utilizar una serie de teorías y técnicas en pro de aprovechar en la práctica el conocimiento científico. Es precisamente este quehacer práctico lo que marca diferencia entre la Ingeniería y otras áreas del conocimiento, ya que con ella se resuelven los problemas sociales reales mediante la aplicación de soluciones, que es necesario definir de forma detallada e incluir fórmulas, cálculos, planos, requisitos de ejecución, costos y demás; en resumen, la información debe ser tal que permita llevar a la práctica cada solución planteada. Por tanto, el ingeniero debe poseer conocimiento multidisciplinar y orientado a cada una de las ramas ingenieriles, característica que no le impide investigar, profundizar y especializarse en diversos campos de las ciencias.

Por lo anterior, es necesario hablar de investigación en ingeniería en vez de la investigación y los ingenieros, que puede ser otro tema de reflexión. Es erróneo, como algunos lo han hecho, pensar que ambos conceptos son equivalentes, ya que actualmente, y debido a la evolución misma del conocimiento científico, es común que los equipos de investigación se conformen de forma multidisciplinar, y que a su interior lleguen profesionales de formaciones diversas, sea o no en ingeniería.

Todo país, desarrollado o no, requiere que su innovación tecnológica se mantenga y evolucione, lo que le asegura competitividad en los mercados internacionales; además, si su economía se basa en el conocimiento, esto le permitirá de alguna forma minimizar influencias de factores externos, y para lograrlo es necesario que la academia tenga planes de formación en los que sus egresados sean capaces de innovar, de gestionar y de operar las nuevas tecnologías, de proponer y aplicar proyectos de investigación e innovación; áreas en las cuales se desenvuelven los ingenieros. Pero para que todo avance científico tenga un verdadero efecto, es necesario que las empresas colaboren con las universidades, y que éstas tengan en sus planes de desarrollo y proyección también colaborar con aquellas. Esta simbiosis permitirá un mejor conocimiento de las problemáticas y por tanto la posibilidad de estructurar soluciones más acordes y efectivas.

Como ya se dijo, la ingeniería resuelve integralmente los problemas técnicos, ofrece completas soluciones empresariales y, por tanto, se relaciona directamente con las investigaciones cuyo objetivo es lograr la innovación tecnológica. Razón que responde al porqué en las convocatorias de las universidades y centros de investigación, siempre son grupos de ingeniería quienes presentan proyectos en este campo. Cuando las empresas se asocian a estos proyectos y asumen todo o parte del costo, de cierta forma su participación garantiza que los resultados que se obtengan de la investigación, serán aplicados inmediatamente en ellas.

Pero, publicar los resultados de estos proyectos es otra cuestión; los resultados de la investigación en ingeniería son de aplicación total y son concretos, por lo que publicarlos no es fácil, sobre todo en las revistas científicas internacionales, aunque sean fundamentales para el desarrollo de cada país. Es necesario entonces valorar de forma preferencial, en la contratación y promoción a los profesores, que además tengan experiencia profesional y sean investigadores en ingeniería, ya que con esto se garantiza el contacto con la industria y que se pueda ofrecer otra alternativa al perfil del ingeniero.

Investigar y publicar en ingeniería no es fácil; ambas áreas, aunque dependientes, no se conjugan en este campo como sí lo hacen en otras áreas del conocimiento. Esto obliga a que la labor investigativa del ingeniero, y su posterior divulgación, debe ser más exigente y profesional que cualquiera otra si se espera alcanzar el nivel de calidad que las revistas especializadas exigen.

# CARTAS AL EDITOR

**Recibido: junio 26 de 2009**

Cordial saludo EDGAR.

Acabo de ingresar a la página de la REVISTA.

Felicito al equipo organizador; en hora buena llega esta posibilidad de difusión científica para la Facultad de Ingenierías de la FUNLAM.

Con respeto,

**Alexander Rodríguez Bustamante**

Docente Facultad de Desarrollo Familiar FUNLAM.

---

**Recibido: julio 24 de 2009**

Estimado Edgar,

Estuve viendo la revista, me pareció muy buena, y sin duda una buena iniciativa para quienes creemos en la ingeniería de software (aunque yo sea licenciado... no ingeniero) y más aún una muy buena iniciativa para quienes creemos que en Latinoamérica podemos generar tendencias y podemos innovar, y este es un campo donde hay mucho para innovar, mucho para sacar de los libros y ponerlo en la práctica.

Por mi parte, cualquier artículo que necesiten mío lo pongo a su disposición, si quisieran alguna nota o algo especial sobre un tema particular, sí les pediría algún tiempo para escribirlo, pero nada más. Cuenten con mi pequeño granito de arena en lo que pueda ayudar, tanto desde lo académico, como desde la industria.

Saludos cordiales,

**Lic. Valerio Adrián Anacleto**

Director Epidata Consulting | Deploying ideas | EPI

Argentina: Maipú 521 Piso 1 Of. A, Buenos Aires. +5411 5031 0060-61

Chile: Apoquindo 3600 Piso 5 y 7, Santiago. +56 2-799-2451.

---

**Recibido: septiembre 9 de 2009**

Buena tarde.

Señores Revista Lámpsakos, con un cordial saludo me permito resaltar la labor comunicativa que llevan a cabo desde la academia con la Revista. Hago parte de Ojalvo Asociados, una agencia de RR.PP y estoy construyendo una base de datos de medios especializados y esta propuesta me ha llamado la atención.

Quisiera saber si puedo enviarles información entorno a la Ingeniería y Educación para que sea publicada en ella.

Quedo atenta a su pronta respuesta.

Saludos,

**Natalia Vallejo Moreno**

Ojalvo Asociados

Cra. 7 # 54-76 Oficina 603

1 57 3132369

Bogotá-Colombia.

---

**Recibido: septiembre 9 de 2009**

Dear engineer,

Please accept my cordial greetings. I think this kind of job must be appreciated and admitted since few we dare to initiate companies like this.

Welcome to the magazine and recognition of the publishing effort that you lead. For a new edition please consider my collaboration.

**Stacy Ken Randolph**

Microsoft USA.

---

**Recibido: septiembre 16 de 2009**

Saludos al equipo de trabajo en la revista digital Lámpsakos. Esta labor hace parte del apoyo que necesitamos los investigadores para difundir nuestro trabajo.

Me entero de su existencia por intermedio de un compañero de Microsoft y les cuento que la impresión al consultar su página fue de mucho respeto. Nuevamente felicito al equipo y les auguro un futuro promisorio.

**Rafael Quintanilla T.**

Siemens España.

Ω

# DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

La divulgación científica es la interpretación y popularización del conocimiento científico al público general, sin circunscribirse a ámbitos académicos específicos y convirtiéndose de esta manera en ciencia popular; puede referirse a descubrimientos científicos actuales o a campos enteros del conocimiento científico. Divulgar la ciencia es tan importante como hacerla, ya que ésta necesita quien la socialice de tal forma que pueda llegar a la mayoría de personas.

Mal practicada, la divulgación científica puede resultar engañosa: muchas obras de divulgación las realizan personas sin experiencia en los temas que interpretan, o parcializadas y con intereses. No es fácil para las personas sin experiencia identificar los artículos o documentos engañosos, además, en muchas ocasiones los resultados se presentan en la prensa general sin el debido contexto o muy simplificados. Así mismo, la divulgación científica también sobrepasa los límites entre ciencia formal y pseudociencia y puede enfocarse en temas sensacionalistas.

Por estos motivos, la organización de la revista cuenta con profesionales de alto prestigio que conforman los comités editorial y científico, y un cuerpo de evaluadores internacionales que colaboran para que en cada número, en esta sección, se publiquen sólo aportes que sean verdadera divulgación científica.

En esta sección de la revista se publican los artículos que, de acuerdo al proceso investigativo, se clasifican como:

1. **Artículo de investigación científica y tecnológica.** Documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos terminados de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.
2. **Artículo de reflexión.** Documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.
3. **Artículo de revisión.** Documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.

Esperamos cada semestre poder hacer la mejor divulgación científica, acercarnos a la mayor cantidad de personas y publicar resultados de procesos investigativos serios y acordes con las temáticas que nos hemos propuesto cubrir.

## **REGULATORY ROLE OF THE NERVOUS SYSTEM ON THE PIGMENTATION OF GOLDFISH: AN EXPERIMENT IN GENETIC ENGINEERING**

### **ABSTRACT**

The action that the nervous system exerts on the set of cells of chromatophores fish, many established researchers rely on experiences of excitement and nerves sectioning, and electrical stimulation trials and mutilation of certain centers and nerve tracts. Yet, and despite the harmony that exists in the study of chromatic physiology of teleost, regarding the monitoring by the nervous system to the pigment cells, diametrically opposed results, targeted on the subject by several researchers, underline the desirability of conducting further studies. This article is the description of a work which is part of the experiments performed in our laboratory, in order to determine the role of different factors in the pigmentation system of the goldfish -*Carassius auratus*.

**Keywords:** *Carassius auratus*, nervous system, pigmentation, teleosts.

## **FUNCIÓN REGULADORA DEL SISTEMA NERVIOSO EN LA PIGMENTACIÓN DE LA CARPA DORADA: UN EXPERIMENTO DE INGENIERÍA GENÉTICA**

**Javier Cifuentes Portocarrero, Adriana Loaiza Poteros**

Grupo de investigación en ciencias biológicas GEN

[grupogen@myway.com](mailto:grupogen@myway.com)

(Artículo de INVESTIGACIÓN) (Recibido el 14 de abril de 2009. Aceptado el 18 de julio de 2009)

### **RESUMEN**

La acción que el sistema nervioso ejerce sobre el conjunto de células cromatóforos de los peces, la establecieron numerosos investigadores apoyándose en experiencias de excitación y de seccionamiento de nervios, así como en ensayos de estimulación eléctrica y de mutilación de determinados centros y tractos nerviosos. Con todo, y no obstante la armonía que existe en el estudio de la fisiología cromática de los teleósteos, en lo que atañe al control que ejerce el sistema nervioso a las células pigmentarias, los resultados diametralmente opuestos, apuntados sobre la materia por diversos investigadores, ponen de manifiesto la conveniencia de realizar otros estudios al respecto. En este artículo se hace la descripción de un trabajo que forma parte de las experiencias que se realizan en nuestro laboratorio, con el objeto de determinar el papel que desempeñan diferentes factores en el sistema de pigmentación de la carpa dorada - *Carassius auratus*.

**Palabras clave:** *Carassius auratus*, sistema nervioso, pigmentación, teleósteos.

### **INTRODUCCIÓN**

Por muchos años se consideró que el sistema nervioso era el factor único en el control del estado pigmentario de los vertebrados, hipótesis que fue particularmente fundamentada en las observaciones de Elias (1942) en anfibios y en las de Franz (1939) y Franz y Gray (1941) en peces. Los últimos experimentaron con platijas del género *gobius niger*, al destruir las fibras simpáticas o al seccionar los nervios espinales en un punto inferior a la entrada de las ramas comunicantes, obtuvieron invariablemente las siguientes respuestas: 1) oscurecimiento producido por la dispersión pigmentaria de

los melanocitos en la zona afectada, y 2) incapacidad de las células pigmentarias denervadas para responder a estímulos ambientales. Estos resultados fueron corroborados, entre otros, por Fries (1942-1) en *salmo fario* y en *anguilla fluviatilis*, al obtener en estos animales una concentración de los gránulos pigmentarios, utilizando la técnica del seccionamiento nervioso combinada con el método de la excitación por medio de corrientes inductoras. De la misma manera, los estudios de Fries (1931), Parker (1935), Abramowitz (1935, 1936), Odiorne (1937), Wykes (1938), Brown y Cunningham (1941) y otros, comprobaron



claramente la participación de los teleósteos, al obtener invariablemente respuestas de los cromatóforos en el seccionamiento nervioso, así como en la estimulación de fibras, de tractos y de centros. Por su parte Atwell (1937) demostró histológicamente la inervación de los cromatocitos en peces del género *phoxinus*.

Diversas zonas del cerebro, y en particular de la médula oblonga, se propusieron como albergue del centro cromafórico, y como resultado del estudio del sistema cromatósico del *proxinus*, Etkin (1941) concluye la existencia de dos centros cromatofóricos concentrantes: uno colocado en el extremo cefálico de la médula oblonga y el segundo, que según este investigador actúa independientemente del cerebro, situado en la médula espinal a partir de la quinceava vértebra. Los resultados de los experimentos de Etkin sugieren además la existencia de un tercer centro cromatofórico de tipo dispersante en la región del mesencéfalo. La existencia en el cerebro de un centro para el control de los cambios pigmentarios fue planteada además por Mast (1915) y por Hower (1931); mientras que Fukui (1923) la localiza en la médula espinal.

La acción del sistema nervioso sobre los cromatocitos se ha interpretado de diversas maneras: Jores (1937) comparó al nervio melanofórico y a sus efectores, las células cromáticas, con preparaciones neuromusculares de tipo estriado, considerando la contracción como el estado activo de los cromatocitos provocado por la actividad del nervio cromático, y a la dispersión como una fase de reposo determinada por la actividad del mismo nervio, equivalente a la relajación que experimenta un músculo al ser seccionado su nervio motor.

La interpretación de Jores fue modificada parcialmente por Franz y Gray (1941), al descubrir que los cromatóforos de los peces estaban controlados por fibras nerviosas autónomas, y no como supuso Jores por fibras cerebro-espinales, por lo que consideró como más apropiado comparar las fibras motoras pigmentarias y sus efectores con preparaciones neuromusculares de tipo involuntario; Spaeth (1916) también consideró a los melanóforos como un tipo diferenciado de célula muscular.

Por otro lado, el fisiólogo Breider (1939) consideró a los cromatocitos como células sensitivas dotadas de fibras nerviosas concentrantes y de fibras nerviosas dispersantes. La existencia de fibras concentrantes en los teleósteos ha sido establecida de manera convincente; mientras que la evidencia relacionada con las fibras de tipo dispersante es escasa y dudosa. Spaeth y Barbour (1917), Ginsberg (1929) y Smith (1931), trataron de demostrarlas experimentando con diferentes drogas; a la vez que Mills (1932 1,2), Abramowitz (1935, 1936), Parker (1934), Fries (1942-2, 1943) y otros, intentaron comprobar su existencia utilizando el método de las bandas caudales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los resultados de este trabajo se basan en el estudio de doce carpas *Carassius auratus* Linneo, adultos, hembras y machos, de 12 a 15 centímetros de longitud, de color café oliváceo, procedentes del lago de Xochimilco. Los animales se dividieron por partes iguales en dos grupos, uno testigo y el otro de experimentación. La denervación caudal se realizó de acuerdo con la técnica de Parker (1934), que consiste en colocar al animal, previamente anestesiado con hielo, sobre una placa de cristal y seccionando transversalmente bajo el microscopio de disección uno o dos rayos cercanos a los bordes superior e inferior de la aleta caudal, con sus correspondientes nervios y el tejido interradianal. Para evitar el derrame sanguíneo se hizo la incisión cerca del límite de las escamas del pedúnculo caudal, evitando cortar los vasos radiales. Se hicieron recuentos celulares de los melanocitos epidérmicos, anotándose su aspecto de acuerdo con la tabla de Slome y Hogben (1929).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general los efectos producidos por el seccionamiento nervioso en el *Carassius auratus* concuerdan con los observados por diferentes autores en otras especies de teleósteos. Los cortes denervantes realizados en la aleta caudal de peces adaptados a fondos blanco y negro, produjeron invariablemente la dispersión pigmentaria de los melanocitos denervados. En los animales conservados en acuarios de fondo blanco, las bandas caudales aparecieron a los 3 minutos después de la operación, y se mantuvieron visibles durante varios días. El mismo

fenómeno se observó en los peces adaptados al fondo negro, siendo en estos animales menos perceptibles por razón del tinte oscuro de su revestimiento.

Los melanocitos situados en los contornos de las bandas caudales de animales, colocados primero en acuarios de fondo negro y posteriormente en recipientes pintados de blanco, reaccionaron diversamente a la excitación eléctrica. Algunas de las células pigmentarias periféricas respondieron repetidamente a la excitación eléctrica, exclusivamente con movimientos de dispersión; en otras, la reacción al mismo estímulo consistió únicamente en movimientos concentrantes; en un tercer grupo, el estímulo eléctrico produjo tanto concentración como dispersión pigmentaria. Aún cuando la evidencia proporcionada por estos experimentos no permite deducir una conclusión definitiva, con respecto a las diferentes respuestas presentadas por los cromatóforos periféricos a los estímulos eléctricos, opinamos que los resultados anotados constituyen un indicio de que las células pigmentarias del *Carassius auratus* son de tipo sensitivo, siendo muy probable que con el seccionamiento nervioso se les prive de uno y de otro tipo de fibras. Sin embargo, para aclarar este problema, por demás complejo, es indispensable un mayor número de investigaciones utilizando diferentes métodos de ataque.

La reactivación de las bandas caudales observadas por Parker (1934), en peces del género *fundulus*, fue también examinada en la carpa con resultados confirmatorios. Las bandas caudales, producidas por seccionamiento de fibras nerviosas, empiezan a desaparecer gradualmente a partir del quinto día después de la operación. Una segunda incisión dentro de la zona denervada y en proceso de concentración pigmentaria, origina invariablemente el obscurecimiento de la zona caudal a la incisión, lo que demuestra que los cortes denervantes no ocasionan la parálisis de los cromatóforos sino que éstos son capaces de responder a nuevas estimulaciones.

Igualmente se hizo la observación de que una banda pálida limitada por dos bandas nuevas, volvía a oscurecerse en dirección centrípeta - de la superficie al centro- no advirtiéndose este fenómeno en zonas normales

restringidas entre dos bandas caudales. Lo anterior, según la interpretación de Parker en otras especies de peces, obedece a que los impulsos concentrantes y dispersantes son transmitidos a los cromatóforos a través de los neurohumores secretados por las terminaciones nerviosas, en los que la acetilcolina es el neurohumor dispersante y la adrenalina o alguna sustancia semejante como el factor concentrante. La adrenalina, hormona que actúa directamente sobre los cromatóforos produciendo movimientos de concentración pigmentaria en los mismos, interrumpe la acción dispersante del sistema nervioso. Cuando se utilizan simultáneamente los métodos del seccionamiento nervioso y la inyección de diferentes concentraciones de adrenalina por vía intramuscular, no se presentan las bandas caudales hasta que pasa el efecto de la adrenalina, lo que sucede generalmente en un tiempo que varía entre dos y tres horas, según la dosis inyectada.

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se estudiaron doce carpas *Carassius auratus* Linneo adultos, hembras y machos, de 12 a 15 centímetros de longitud, y adaptados a fondos blanco y negro antes de la denervación; se examinó la acción que el sistema nervioso ejerce sobre las células pigmentarias de este animal, utilizando el método de las bandas caudales, la estimulación eléctrica y la aplicación intramuscular de diferentes dosis de adrenalina. De los resultados obtenidos se puede concluir:

1. Que el seccionamiento nervioso en la aleta caudal del *Carassius auratus* induce una dispersión pigmentaria.
2. Que tal dispersión es más notable en peces adaptados a fondo blanco que en aquellos que se mantienen en recipientes pintados de negro.
3. Los cromatóforos situados en la periferia de las bandas caudales, responden en forma diversa a los estímulos eléctricos, fenómeno que puede considerarse como evidencia de una doble inervación cromatofórica.
4. Los cortes denervantes no ocasionan la parálisis de los cromatóforos ya que las bandas caudales pueden ser reactivadas por una segunda incisión posterior a la primera.

5. La adrenalina interrumpe la acción dispersante del sistema nervioso.
6. Las bandas caudales que empiezan a palidecer, limitadas por dos bandas nuevas, reoscurecen en dirección centripeta, proceso que no se advierte en zonas normales restringidas entre dos bandas caudales.

## GLOSARIO

**Cromatóforo:** son células con pigmentos en su interior que reflejan la luz. Pueden encontrarse en diversos seres vivos como los anfibios, los peces, ciertos crustáceos y algunos cefalópodos. Son los principales responsables de la coloración de la piel, del color de los ojos en los animales ectotermos y de la formación de la cresta neural a lo largo del desarrollo embrionario.

**Melanocito:** es una célula del sistema inmune que deriva de la cresta neural y que migra hacia la epidermis y el folículo piloso durante la embriogénesis -embrión + génesis. Su

principal función es la producción de melanina, un pigmento de la piel, ojos y pelo.

**Phoxinus:** peces -carpas- de agua dulce incluidos en el orden *Cypriniformes*, distribución cosmopolita por ríos de Asia, Europa y América del Norte. Tienen el cuerpo alargado de pequeño tamaño, algunas especies tienen cierto valor comercial por su pesca o por su mantenimiento en acuario.

**Platija:** son peces planos que tienen los dos ojos a un lado del cuerpo, que queda expuesto mientras el pez yace de costado sobre los fondos marinos. Su cuerpo es plano, con escamas en algunas especies y sin ellas en otras y sólo está coloreado en el costado expuesto.

**Teleósteos:** Clase de peces en la que está comprendida la mayoría de las especies conocidas, caracterizada por tener un esqueleto completo.

## REFERENCIAS

1. Abramowitz, A. A. (1935). Regeneration of Chromatophores Nerves. Proceedings of the national Academy of Sciences, Vol. 21, No. 2, pp. 137-141.
2. Abramowitz, A. A. (1936). The Non-identity of the Neurohumours for the Melanophores and Xanthophores of *Fundulus*. American Naturalist, Vol. 70, pp. 372-378.
3. Atwell, W. J. (1937). Functional trasplants of the primordium of the epitelial hypophysis in Amphibia. Anatomic Record, Vol. 68, pp. 431-447.
4. Breider, H. (1939). Über die Vorgänge der Kern Vermehrung und-degeneration in sarkomatösen Makromelanophoren. Z. wiss Zool, Vol. 152, pp. 89-116.
5. Brown, F. A. and Cunningham O. (1941). Upon the presence and distribution of a chromatophorotropic principle in the central nervous system of *Limulus*. Biological Bull Wood hole, No. 81, pp. 80-95.
6. Elias, H. (1942). Chromatophores as evidence of phylogenetic evolution. American Nature, Vol. 76, pp. 405-414.
7. Etkin, W. (1941). On the control of growth and activity of the pars intermedia of the pituitary by the hypothalamus in the tadpole. Journal of Experimental Zoology, Vol. 86, pp. 113-139.
8. Franz, S. and Gray S. (1941). The response of melanophores in normal and hypophysectomized frogs to varying concentrations of pituitrin. Anatomic Record, No. 81, pp. 92-103.
9. Franz, V. (1939). Struktur und mechanismus der melanophoren. Zoölogy Zellforsch, Vol. 30, pp. 194-234.
10. Fries, E F. B. (1931). Color changes in fundulus, with special consideration of the xanthophores, in killifish (*Fundulus*). Journal of Experimental Zoology, Vol. 51, pp. 389-426.
11. Fries, E. F. B. (1942-1). Some neurohumoral evidence for doublé innervation of xanthophores in killifish. Biol Bull Woods Hole, Vol. 82, pp. 261-272.

12. Fries, E. F. B. (1942-2). Pituitary and Nervous Control of Chromatic Responses, Especially of Xanthopores in Killifish (*Fundulus*). *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, Vol. 51, pp. 170-171.
13. Fries, E. F. B. (1943). Some Neurohumoral Evidence for Double Innervation in Killifish (*Fundulus*). *Biological Bulletin*, No. 82, pp. 261-272.
14. Fukui, T. (1923). Notes on Experiments on the Color Change of the File-fish. *Folia Anatomica Japonica*, Vol. 1, pp. 345-348.
15. Ginsberg, J. (1929). Beiträge zur Kenntnis der Guaninophoren und Melanophoren. *Zoologische Jahrbücher*, Vol. 51, pp. 227-260.
16. Hewer, H. R. (1931). Studies in Colour-Changes of Fish. *British Journal of Experimental Biology*, Vol. 37, pp. 493-513.
17. Jores, A. (1937). Experimentelle Untersuchungen über die Wirkungen der Nebennieren auf die Hypophyse. *Journal of Experimental Zoology*, Vol. 102, pp. 289-291.
18. Mast, S. O. (1915). Changes in Shade, Color and Pattern in Fishes and their Bearing on Certain Problems of Behavior and Adaptation. *Proceedings of the National Academy of the Sciences USA*, Vol. 1, No. 4, pp. 214-219.
19. Mills, S. M. (1932, 1). The Double Innervation of Fish Melanophores. *Journal of Experimental Zoology*, Vol. 64, pp. 231-244.
20. Mills, S. M. (1932, 2). Evidence for a Neurohumoral Control of Fish Melanophores. *Journal of Experimental Zoology*, Vol. 64, pp. 245-255.
21. Odiorne, J. M. (1937). Morphological Color Changes in Fishes. *Journal of Experimental Zoology*, Vol. 76, pp. 441-465.
22. Parker, G. H. (1934). Cellular Transfer of Substances especially Neurohumors. *Journal of Experimental Biology*, Vol. 11, pp. 81-88.
23. Parker, G. H. (1935). The Disappearance of Primary Caudal Bands in the Tail of *Fundulus* and its Relation to the Neurohumoral Hypothesis. *Proceedings of the American Philosophical Society*, Vol. 75, pp. 1-10.
24. Slome, D. and Hogben L. T. (1929). The Chromatic Function in *Xenopus laevis*. *South African Journal of Science*, Vol. 25, pp. 239-245.
25. Smith, D. C. (1931). The Influence of Humoral Factors upon the Melanophores of Fishes, Especially Phoxinus. *Journal of Comparative Physiology*, Vol. 15, No. 4, pp. 613-636.
26. Spaeth, R. A., and Barbour H. G. (1917). The action of epinephrine and ergo-toxin upon single, physiologically isolated cells. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, Vol. 9, pp. 431-440.
27. Spaeth, R. A. (1916). Evidence proving the melanophore to be a disguised type of smooth muscle cell. *Journal of Experimental Zoology*, Vol. 20, pp. 193-215.
28. Wykes, U. (1938). The control of photo-pigmentary responses in Eyeless Catfish. *Journal of Experimental Biology*, Vol. 15, pp. 363-370.

Ω

## SCIENCE AND ENGINEERING IN THE BIBLE

### ABSTRACT

*The Old Testament is full of “signs and wonders”, miraculous events that you crave a skeptical impossible. But they seem greatly to certain well-tested scientific fact. Events such as levitation, healing, prophecy and technical applications are described in the New Testament. But, do the conventions of the evangelists contributed to obscure the facts? Were they as miraculous as explained? “On the third day he rose from the dead” and describes the Christian faith the miracle of the physical resurrection of Christ. But what holds extraordinary events this biblical? In this paper, we study the biblical facts that modern science explains, or tries to do, in light of new discoveries and research.*

**Keywords:** Bible, miracles, science, engineering, apariciones.

## CIENCIA E INGENIERÍA EN LA BIBLIA

**Franchesca Tiglioli H.**

Filósofa, sicóloga y física. Verona Italia  
[ftiglioli@rediffmail.com](mailto:ftiglioli@rediffmail.com)

(Artículo de REFLEXIÓN) (Recibido el 30 de mayo de 2009. Aceptado el 16 de agosto de 2009)

### RESUMEN

El antiguo testamento está repleto de “signos y prodigios”, hechos milagrosos que al escéptico se le antojan imposibles. Pero se parecen enormemente a ciertos hechos científicos bien probados. Hechos como levitación, curaciones, profecías y aplicaciones técnicas, aparecen descritos en el nuevo testamento. Pero, ¿acaso las convenciones de los evangelistas contribuyeron a oscurecer los hechos? ¿Fueron éstos tan milagrosos como se explican? “Y al tercer día resucitó de entre los muertos”, así describe el credo cristiano el milagro de la resurrección física de Cristo. Pero, ¿qué acontecimientos extraordinarios encierra este relato bíblico? En este artículo se hace un estudio de los hechos bíblicos que la ciencia moderna explica o trata de hacerlo, a la luz de los nuevos descubrimientos e investigaciones.

**Palabras clave:** Biblia, milagros, ciencia, ingeniería, apariciones.

### INTRODUCCIÓN

La biblia consta de 66 libros -80 si se incluyen los apócrifos- escritos a lo largo de un milenio, aunque parte de su material deriva de una tradición oral mucho más antigua. Como la mayor parte de los escritos antiguos, relata incidentes científicos y de ingeniería, aunque un investigador desprevenido se sorprendería de la sobriedad de la que generalmente hacen gala esas historias. Pero la ciencia investiga relativamente poco sobre la biblia, en parte porque desconfían de registros tan antiguos, redactados por escritores con un criterio tan diferente del nuestro; también sostienen que es la ciencia la que arroja luz sobre la biblia, y no al revés (Walvoord, 2007). Además, mucha gente cree que las sagradas escrituras son sacrosantas; la palabra de Dios debe ser aceptada, no estudiada -salvo como una guía para la devoción y una vida piadosa- y nunca criticada (Ramm, 1954). Hay otros que no

ven en ella más valor del que contiene cualquier colección de escritos antiguos (Muirhead, 2006).

Pero resulta más acertado elegir un camino intermedio, se pueden aplicar los principios de la crítica erudita a la biblia -como a cualquier otro libro- sin ideas preconcebidas, reconociendo que surgen continuamente nuevos descubrimientos y que es preciso respetar los puntos de vista ajenos (Buffaloe, 1969). Más allá de los posibles hallazgos de los críticos modernos, este libro posee un valor único en cuanto registra la evolución del concepto de Dios -desde el animismo primitivo hasta el monoteísmo más estricto-, e influyó en tres religiones importantísimas: el islamismo, el judaísmo y el cristianismo. Algunos tipos de actividad científica no figuran para nada en el antiguo testamento, porque sus compiladores obedecían a Yahvé -Jehová-, cuyo culto incluía prohibiciones

como “*No soportarás que una bruja conserve la vida*”. Sus reyes “buenos” aniquilaron a los que tenían tendencias ingenieriles.

En este documento se hace un recorrido por los principales acontecimientos bíblicos, que sobresalen por las descripciones de hechos y situaciones que más parecen ciencia o ingeniería aplicada que misticismo o milagros. En la segunda parte se analizan los acontecimientos en el antiguo testamento; en la tercera los del nuevo testamento; la cuarta parte se ocupa del análisis a la ciencia en la persona de Jesús, y en la quinta se hacen algunas conclusiones.

## EN EL ANTIGUO TESTAMENTO

Algunas actividades consideradas como “científicas” quedaron registradas en el antiguo testamento: la adivinación, la búsqueda de agua por zahoríes, los sueños premonitorios, las experiencias místicas, las curaciones y la precognición. La adivinación tenía que realizarse bajo los auspicios de Yahvé. A los “profetas” del antiguo testamento no se les tenía por adivinos, sino por comentaristas religiosos y políticos y, por lo tanto, eran considerados “auténticos” o “falsos”, no tanto por la exactitud de sus pronósticos sino por los dioses a los que seguían (Schultes, 1985). Los profetas de Baal eran “falsos”, porque su dios era el rival de Yahvé, pero Jeremías era “auténtico” - aunque a veces sus oráculos se equivocaban porque servía a éste.

El sumo sacerdote de Yahvé disponía de medios para la adivinación, “el *Urím* y el *Thummim*” -Luces y Verdades-, posiblemente piedras semipreciosas engarzadas en su pechera, que utilizaba como una especie de bola de cristal -Exodo 28,9. Pero, en conjunto, cada individuo contaba con sus propios medios de adivinación o de lectura de “señales” simbólicas (Biever, 2006). Así, Gedeón supo que Dios le concedería una victoria, porque una noche cayó rocío sobre una piel de cordero mientras el terreno que la rodeaba quedaba seco, y la noche siguiente el proceso se invirtió -Jueces 6,36.

Moisés, cuando encontró agua en el desierto por medio de su cayado -Éxodo 17,6 y Números 20,4-, pudo haber empleado la técnica de los zahoríes (Young, 1999). Pero aunque era un visionario, no era un soñador,

y los sueños reveladores son, posiblemente, el fenómeno científico más corriente en el antiguo testamento. El sueño de Jacob, la famosa escalera -Génesis 28,12-, repetía la promesa hecha a su abuelo Abraham, de que sus descendientes poseerían la tierra donde se soñara esa visión. José soñó con el futuro dominio sobre su familia -Génesis 37,5-, y previó, por los sueños del mayordomo y el panadero del faraón cuando estaban presos, que el primero volvería a su puesto y el segundo sería ejecutado. Su correcta interpretación de los sueños del Faraón, que profetizaban siete años de abundancia seguidos por siete de hambruna, hizo que fuera nombrado para un alto cargo -Génesis 40,18.

### Sueños o ingeniería incomprendida

A la luz de la moderna investigación acerca de los sueños, y a partir de experimentos realizados por instituciones como el laboratorio de sueños del Centro Médico Maimónides (Van de Castle, consultado marzo 23 de 2009), puede concluirse que esos sueños ocurrieron como se dice. Jacob, al alejarse del territorio donde había pasado su juventud, pensando que quizá fuera para siempre, pudo hallar un consuelo en sus sueños, que le recordaban la promesa de Dios a Abraham y hacían más plausible su propio regreso. José, al conocer las razones por las que el mayordomo y el panadero estaban en prisión, no necesitaba mucha perspicacia para interpretar correctamente el simbolismo de sus esperanzas y sus temores.

Las experiencias psicológicas de diferentes individuos varían en tipo e intensidad. En una crisis de su vida, Jacob se enfrenta con un misterioso pero benéfico ser sobrenatural - Génesis 32,23. Un ángel -un mensajero, no necesariamente sobrenatural, aunque con frecuencia lo sea- se aparece a los padres de Sansón, predice el nacimiento de su hijo -que sería un héroe- y se aleja ascendiendo por la llama de un altar -Jueces 13-3. Todos los profetas parecen tener experiencias similares, desde la visión de Isaías en el templo del “*Señor en un trono alto y elevado*”, rodeado de serafines; hasta Ezequiel, que vio cuatro grandes anillos llenos de ojos cuyo movimiento era acompañado por un sonido impetuoso - Ezequiel 1,15.

Otras cuestiones se plantean cuando se consideran las historias maravillosas que se refieren a los héroes folklóricos bíblicos. Alrededor de individuos como el rey Arturo o Robin Hood, que cuentan con un núcleo histórico auténtico, cuajan relatos que constituyen evidentemente enriquecimientos legendarios. Aunque los fundamentalistas niegan que la biblia contenga nada de eso, la mayoría de los estudiosos dirían que muchas historias, como las de Sansón llevándose las puertas de Gaza -Jueces 16,3- y Eliseo haciendo flotar el hierro -2 Reyes 6-, son de ese tipo. Convendría buscar un punto de equilibrio.

Los conocimientos modernos demuestran que algunos incidentes que fueron considerados pura leyenda a principios del siglo XX son, por lo menos, posibles, especialmente en lo que se refiere a curaciones. Aunque las curaciones son más importantes en el nuevo testamento, existen unos pocos ejemplos de curaciones médicas en el antiguo testamento. Miriam, castigada con la lepra por rebelarse contra Moisés, es curada por las oraciones de éste -Números 12,10. Los israelitas se curaban de las mordeduras de culebras contemplando una imagen de bronce de una serpiente -Números 21,6. La imagen sobrevivió hasta que la veneración supersticiosa hizo que Ezequías, rey de Judá, la destruyera; el rey, por cierto, fue curado de un absceso que podría haber sido fatal, gracias a una cataplasma de higos. Este acontecimiento fue subrayado por un notorio acortamiento de la sombra en el reloj de sol -2 Reyes 20,7, hecho, que según algunas investigaciones, se ve confirmado por pruebas astronómicas (DeYoung, 2000).

Naaman, el general sirio, fue curado de la lepra a distancia, cuando Eliseo, sin verlo, le envió un mensaje diciéndole que debía bañarse siete veces en el río Jordán -2 Reyes 5,10. Elías devolvió la vida a un niño muerto tendiéndose tres veces sobre él -1 Reyes 17,21. Eliseo, aparentemente, utilizó la técnica del “beso de la vida” con otro niño, colocando “su boca sobre su boca, sus ojos sobre sus ojos y sus manos sobre sus manos; y se tendió sobre el niño, y la carne del niño se puso tibia” -2 Reyes 4,34. Como existen en la literatura de la psicoterapia y la investigación médica casos bien documentados de enfermedades crónicas de la piel curadas por la hipnosis (Arbib, 1998),

y otros de curas realizadas por la acción mental a distancia, no sería sensato rechazar dogmáticamente la posible autenticidad de estas historias (Young, 1999).

Existen otros paralelismos con fenómenos inexplicados de la actualidad. Entonces como ahora, había desapariciones misteriosas. El libro del Génesis -5,24- afirma dramáticamente que “*Enoch andaba con Dios, y desapareció, porque Dios se lo llevó*”. Con medias palabras se recuerda que Moisés fue “*enterrado por Dios*” -Deuteronomio 34- no se sabe dónde; Flavio Josefo, el historiador judío, registra una tradición según la cual “*una nube súbitamente se situó sobre él -Moisés- y desapareció en cierto valle*” (1997); Eliseo narra la partida de Elías vivo en el “*carro de fuego*” -2 Reyes 2.

En el antiguo testamento aparecen con frecuencia referencias al fuego, algunas recuerdan las sorprendentes combustiones humanas espontáneas. Esa pudo haber sido la justicia poética que merecieron los rebeldes Nadab y Abihu, devorados por el fuego, por haber ofrecido “*fuegos extraños*” al Señor y rivalizando con Aaron, el verdadero Sumo sacerdote -Números 3,4. Las nubes y el fuego eran símbolos de la presencia divina; los querubines y los serafines fueron originalmente los espíritus de las nubes y del rayo. Los israelitas fueron conducidos a través del desierto por “*una columna de nubes*” durante el día y por “*una columna de fuego*” en la noche -Éxodo 13,21-; aunque, para quienes prefieren las explicaciones racionales, el humo y el fuego pudieron provenir de un brasero que era transportado a la cabeza de la comitiva (Däniken, 1976). Para ellos, desde luego, se trataba de un símbolo de la protección divina.

En muchas ocasiones, y de forma misteriosa, Dios “*responde con el fuego*”, aunque los orígenes de las historias podrían hallarse, con frecuencia, en trucos de los sacerdotes. El fuego enviado por el cielo encendió los altares de Moisés y Aaron -Levítico 9-, Gedeón -Jueces 6-, David -1 Crónicas 21- y Salomón -2 Crónicas 7. Elías invocó el fuego divino para que consumiera a las bandas de hombres enviadas para aprehenderlo -2 Reyes 1. El ejemplo supremo del fuego de Dios es la dramática escena del monte Carmelo, cuando el sacrificio de Elías:

empapado de agua arde triunfalmente, mientras que los profetas de Baal no lograron que su dios les enviara fuego para inflamar sus ofrendas -1 Reyes 18,28. Quizá, dicen los racionalistas, fueron los rayos que precedieron a la tormenta, que terminó con tres años de sequía, los que prendieron fuego a la ofrenda de Elías (Däniken, 1981). ¿Sería un truco o una invención para enriquecer una leyenda folklórica? Estos hechos “científicos”, ¿pueden ser explicados siempre por las leyes naturales? Al cabo de tantos siglos resulta imposible probar o desmentir nada.

Otros ejemplos de actividad científica o ingenieril en la biblia bien pueden haber tenido causas naturales. La “zarza ardiente” desde la cual la voz de Dios exhortó a Moisés a llevarse al pueblo de Israel de Egipto -Éxodo 3-2-, pudo ser un escape de gas inflamado por los rayos del sol, cuya imagen quedaba concentrada por el reflejo de una roca cristalina. Agitado por el viento, podría haber parecido un matorral que se balanceaba. Las plagas de Egipto -Exodo 7,11- pudieron consistir en lo siguiente: un exceso de arcilla convirtió el agua en “sangre” estancada, que causó un exceso de ranas, cuyos cadáveres amontonados produjeron “piojos”, las larvas de enjambres de moscas que causaron la terrible enfermedad del ganado y la “plaga de forúnculos” en los humanos. La travesía del mar Rojo puede ser explicada de diferentes formas y según los diversos emplazamientos en que pudo haber ocurrido.

Se sugiere que el milagro similar ocurrido años después, el de la travesía del río Jordán -Josué 4,9-, fue consecuencia del bloqueo de las aguas a raíz de un temblor de tierra. Un temblor también podría haber debilitado las murallas de Jericó -los arqueólogos comprobaron que estaban mal construidas (Clinton, 1962)-, de modo que el ruido rítmico de los pasos del ejército israelita y la resonancia de las trompetas, fue suficiente para derrumbarla -Josué 6,13.

Ríos que se convierten en sangre, invasión de ranas y muerte de los primogénitos, éstas son algunas de las plagas de Egipto registradas en el antiguo testamento. Hasta algunos teólogos sostienen que esas aflicciones no pudieron suceder tal como se les describe, aunque en tiempos más recientes ocurrieron

hechos similares: una lluvia roja cayó sobre Terra Nova en 1890; cascadas de ranas se precipitaron sobre la atónita ciudad de Atenas en 1980, y las grandes piedras de granizo que cayeron cerca de Clermont-Ferrand, en Francia, en 1873, no causaron daños porque caían lentamente. Y el 14 de junio de 1880, en una zona de Rusia cayó granizo rojo, azul y gris en rápida sucesión.

### **Máquinas o milagros**

Mientras atravesaban el desierto, los israelitas fueron alimentados por el “maná” celestial. Generalmente se cree que se trataba de la exudación de los matorrales de taray, que los beduinos utilizan hoy como alimento, pero que sólo se da en pequeñas cantidades. Lo científico del relato bíblico reside en la cantidad producida -suficiente para alimentar a toda una nación (González, 2003)-, y en el hecho de que los viernes había el doble, para que el trabajo de reunir el maná no profanase el descanso del *Sabbath*. También Elías fue alimentado por “cuervos” que le traían carne y pan. Pero en hebreo la palabra “cuervos” puede significar también “mercaderes” o “árabes”.

Casi una cuarta parte del antiguo testamento está ocupada por los escritos de los comentaristas políticos conocidos como “profetas”. La precognición -la “profecía”- es por tanto la cuestión científica más asociado a estos libros, ya que la gente cree que los profetas podían conocer el futuro, sanar enfermos y realizar prodigios inexplicables. De hecho, muchos relatos de profecías se cumplieron -la mayor parte cuentan con paralelos en otras culturas. Un ejemplo es la profecía de Eliseo, cuando dijo que al día siguiente la hambrienta ciudad de Samaria, sitiada por los sirios, tendría abundancia de provisiones y que cierto señor, que se había burlado de su profecía, vería los alimentos pero no los comería. Contrariando todas las previsiones, la comida llegó, y el señor, que supervisaba la distribución de los víveres en los portales de la ciudad, fue pisoteado por la gente que se amontonaba para obtenerla -2 Reyes 7.

Cuando los profetas hablaban del futuro lo hacían casi siempre condicionalmente: si no obedecéis la ley de Dios sucederá algo -un desastre-; si lo hacéis, no. Otras profecías no son lo que parecen. “*Mirad que una virgen concebirá y dará a luz a un niño*” -Isaías



7,14-, no constituye, como se cree generalmente, una profecía del nacimiento virginal de Cristo. La palabra, que fue traducida como “virgen”, significa en realidad recién casada. El texto continúa: *“Porque antes de que el niño sepa rehusar el mal y elegir el bien, la tierra que aborreces será abandonada por sus dos reyes”*. Parece que, en efecto, Isaías señaló a una joven embarazada -posiblemente su propia esposa- e indicó que los dos enemigos del rey Ahaz serían destruidos antes que el niño creciera. Este es un caso en el que una interpretación localista resulta más coherente.

Los profetas no se proponían tanto predecir el futuro como describir lo que consideraban la voluntad de Dios, en las circunstancias de su tiempo. Pero, al hacerlo, sus profecías se cumplieron, con frecuencia de formas más profundas y duraderas de lo que podían imaginar. Las palabras de Isaías sobre la “virgen” son ejemplo de ello. Estas profecías de múltiples significados, reverberaron a lo largo de los tiempos y culminaron, según afirman los estudiosos cristianos, en la milagrosa vida de Jesucristo en el nuevo testamento.

### EN EL NUEVO TESTAMENTO

Si Jesucristo fue Dios encarnado, como predica la doctrina cristiana, forzosamente su vida tuvo que ser milagrosa. Para empezar, nació de una virgen, acontecimiento que estuvo rodeado de portentos -como ocurrió con el nacimiento de su primo Juan Bautista-; la biblia asegura que vivió una existencia normal y corriente hasta los treinta años, y que entonces irrumpió en el mundo con un empuje impresionante. Durante tres o cuatro años predicó e hizo milagros en Palestina y, de acuerdo con los testimonios, se convirtió en el mayor y más benéfico sanador que haya existido jamás. Sus seguidores llegaron a reconocerlo como el mesías, cuya venida fue anunciada por los profetas; pero lo que no podían aceptar eran sus enseñanzas, según las cuales su reino era espiritual y no político, y quedaron desmoralizados cuando se dejó ejecutar sin ofrecer resistencia.

Para los miembros del *establishment* judío, cuya autoridad había desafiado, Jesús era un peligroso provocador que podía causarles disgustos con los dominadores romanos. Según los evangelios, el clímax sobrevino

durante la fiesta de la pascua, cuando los sumos sacerdotes, aliados con un abúlico gobernador romano, condenaron a Jesús a la crucifixión. Ese debía ser el final de todo, pero en la siguiente gran festividad, pentecostés, sus seguidores proclamaron que Jesús había resucitado -con su cuerpo físico- de entre los muertos. Después salieron a recorrer el mundo y predicaron con tal convicción que, al cabo de una década, la nueva religión del cristianismo se infiltró en casi todo el imperio, e iba ya camino de impregnar toda la sociedad romana. Al examinar los acontecimientos milagrosos que narra el nuevo testamento, es necesario considerar tres elementos: los registros históricos o crónicas, la verdad o falsedad de los hechos narrados, y su interpretación.

Veamos primero las crónicas. Aparte de unos pocos fragmentos, los manuscritos más antiguos del nuevo testamento datan aproximadamente del siglo IV D.C., y son copias de copias. Parte de la tarea de los eruditos que estudian los textos, consiste en reconstruir los originales mediante el cotejo de los manuscritos supervivientes y la eliminación de las inexactitudes, añadidos y anotaciones de los copistas (Tyra, 2004). El evangelio de Marcos fue escrito hacia el 65 D.C., unos 30 años después de los hechos narrados; el de Lucas, probablemente hacia el 70; el de Mateo, más tarde en este primer siglo, y el de Juan hacia el año 100.

Todos se basaron en materiales escritos anteriormente y recopilados a partir de la tradición oral y de las declaraciones de testigos oculares contemporáneos de Jesús. Marcos obtuvo probablemente información de Pedro, jefe de los apóstoles, y Lucas de María, la madre de Jesús. Por tanto, los escépticos opinan que la falibilidad de la memoria y la exageración inconsciente de los recopiladores, puede haberlo alterado todo, y que unos textos escritos tanto tiempo después de los acontecimientos carecen de valor (Morris, 1925).

Por su parte, los creyentes pueden argüir que los textos se basaron en los recuerdos y explicaciones de contemporáneos de Cristo; que acontecimientos tan impresionantes debían de quedar grabados en su memoria; que una mera ilusión no puede cambiar tantas vidas y causar en la historia el impacto que para ella supuso la vida de Jesús; y que

la investigación más erudita realizada por críticos hostiles no ha conseguido desmentir la trama esencial del nuevo testamento, incluidos sus elementos científicos (Strauss, 1997).

Al juzgar estos textos, hay que tener en consideración las convenciones que caracterizaban el estilo literario de la época. Las narraciones de la antigüedad no estaban sometidas a la obsesión del periodismo de la actualidad, respecto a la exactitud literal de las palabras y la explicación de los hechos. La interpretación era más importante que el hecho, y los lectores así lo entendían. Por tanto, Mateo, un judío cristiano que escribía para los judíos, utilizó la técnica del Midrash o comentario adornado (Stoner, 1958).

Esta técnica realzaba, poética y simbólicamente, unos acontecimientos que tal vez fueran maravillosos por sí mismos, creando una atmósfera apropiada para llevar este carácter maravilloso hasta el lector. Así, el nacimiento de Jesús fue acompañado por la aparición de ángeles a los pastores, la estrella sobre Belén y la visita de los magos de Oriente. Un terremoto, el velo del templo rasgado, las tinieblas y la aparición de espíritus en las calles de Jerusalén, señalaron la muerte de Jesús. Puede ser que ninguno de estos acontecimientos ocurriera en realidad; mas, para todo creyente, lo que importa no son los hechos físicos experimentados por el hombre, sino las experiencias espirituales simbolizadas con ellos.

Mateo también destaca el cumplimiento de la profecía, y una frase suya predilecta es la de que *“pudiera cumplirse lo que fue dicho por los profetas”*. Sin embargo, *“cumplirse”* debe leerse como *“satisfacerse”*, ya que era tradición rabínica citar las escrituras como comentario; como el rabino que, al ofrecérselo un recipiente con aceite para lavarse los pies, comenta que *“debe cumplirse lo que está escrito en el Deuteronomio: dejad que sumerja sus pies en aceite”*. Mateo no pretendía, como tampoco el rabino, afirmar que los profetas previeron lo que estaba sucediendo en realidad.

### **Ángeles o conocimiento avanzado**

Otra convención judía es la que consiste en atribuir, la aparente intervención de Dios en los asuntos humanos, a la acción de *“un*

*ángel del Señor”*. Predicción y precognición tienen también su lugar en el nuevo testamento, pero únicamente, como revela la investigación, a título de cuestión de fe (Curtis, 1982). Jesús predijo su muerte en Jerusalén por lo menos tres veces; profetizó la destrucción del templo que tuvo lugar en 70 D.C. y previó que Pedro lo negaría. Sin embargo, los textos de estas predicciones fueron escritos todos ellos después de su aparente cumplimiento y, según se suele considerar, no pueden ser utilizados como prueba del poder de la predicción.

Abundan las experiencias místicas, los sueños y las visiones. Si los sueños de José, el esposo de María -Mateo 1,20; 2,13; 2,19; 2,22-, no son *mishrádicos*, pueden ser aceptados como dramatizaciones de soluciones a problemas, de los que tenía plena conciencia, estando despierto (Stoner, 1958). En su bautizo Jesús vio el cielo abierto y al Espíritu Santo que descendía sobre él, y oyó una voz que decía: *“Tú eres mi hijo bien amado”*, todo lo cual fue, al parecer, cosa personal suya. No se dice que ningún espectador hubiera visto u oído algo. La conversión de Pablo tuvo lugar cuando una luz celestial -¿un rayo?- le cegó temporalmente durante un viaje a Damasco, y le habló una voz. Los Hechos de los Apóstoles -9,7- aseguran que la voz fue oída por los compañeros de Pablo, en tanto que Hechos 22,9 lo niega.

La discrepancia no puede ser desmentida, pero tampoco cabe negar que, como resultado de esta experiencia, el gran perseguidor de cristianos se convirtió en su principal defensor. Existe también una posible explicación psicológica: al contemplar la muerte heroica de Esteban, el primer mártir cristiano -Hechos 7-, Saulo, después llamado Pablo, quedó subconscientemente convencido de la verdad del cristianismo. Esta convicción chocó violentamente con su rigurosa formación de fariseo, y el conflicto tuvo que ser resuelto mediante una experiencia personal traumática.

No obstante, se necesita algo más que la psicología para explicar la experiencia de Pedro y Cornelio: tras recibir en sueños el nombre y las señas de Pedro, Cornelio envía a buscarlo. Pedro, a quien la ley judía prohibía entrar en la casa de un gentil, tiene una visión de criaturas *“puras”* e *“impuras”*.

Al decirle una voz: “*mata y come*”, contesta que nunca ha comido cosa alguna impura, pero se le replica: “*lo que Dios ha purificado, no lo llames tú impuro*”. La visión coincide con la llegada de los emisarios de Cornelio, y Pedro, una vez disipados sus escrúpulos, visita a Cornelio, que se había convertido al cristianismo, y por primera vez la nueva fe es comunicada al mundo de los gentiles -Hechos 10.

Hay una dimensión adicional en la que las comunicaciones vienen inspiradas por algo o alguien más allá de los hombres, un “ángel” que transmite instrucciones a Cornelio y una “voz” que se dirige a Pedro. Sin embargo, algunos sicólogos creen que esta clase de voz desencarnada puede ser una exteriorización de la propia convicción interna: en realidad uno oye, literalmente, no sólo lo que desea oír sino lo que necesita oír (Däniken, 1975). Así, los apóstoles oyeron voces “divinas” en momentos críticos de sus vidas. La teoría de Stanford y Stein sobre la “*respuesta instrumental mediatizada psíquicamente*” -PMIR- (Stanford and Stein, 1994), sostiene la idea de que las plegarias obtienen respuesta, no por parte de un agente exterior sino de la misma persona que reza, a través de la activación inconsciente de una forma de *psicokinesis*, pero eso suele suceder sólo cuando la necesidad es urgente o apremiante.

La liberación de Pedro en la cárcel, cuando dormía encadenado entre dos guardianes, debe calificarse de milagrosa -Hechos 12-, pero la historia posee en sí misma un timbre de verdad. Éste es sólo uno de los numerosos milagros bíblicos que, aunque increíbles en apariencia, pueden tener su parangón en experiencias personales o en acontecimientos de nuestro tiempo. Durante la misión de Jesús -época de gran efervescencia espiritual- sus seguidores bien pudieron haber experimentado el florecimiento de habilidades científicas.

Si las extrañas experiencias, narradas por “santos” y místicos a través de los siglos, encierran alguna verdad, no hay duda de que siguen manifestándose en personas revestidas de “santidad”. Muchas de ellas, tales como “*el don de lenguas*”, son explicables psicológicamente (Däniken, 1975); pero otras, bien atestiguadas, como algunas de las curaciones milagrosas de Lourdes, resultan

inexplicables. Al mismo tiempo, una opinión auténticamente equilibrada exige a menudo un saludable escepticismo. Por ejemplo, ¿se aviene el hecho de matar o cegar a embusteros y adversarios, como hizo Pedro con Ananías y Safira -Hechos 5-, y Pablo con el hechicero Elimas -Hechos 13-, con el mandamiento de Cristo: “*Amarás a tus enemigos*”?

## CIENCIA EN JESÚS

Los cristianos prefieren evaluar cada milagro individualmente, según su consonancia con el auténtico espíritu del cristianismo, tal como ellos lo consideran. Así, el portento de Jesús calmando la tempestad en el mar -Mateo 8,24-, resulta verosímil en un hombre tan compenetrado con la naturaleza que podía leer sus signos. En cuanto al hecho de caminar sobre las aguas -Mateo 14,24-, constituye un ejemplo de levitación, lo cual ha sido considerado en diferentes culturas y en diversas épocas como propio de “santos” o de magos.

Una característica sobresaliente de la vida de Cristo fue su capacidad para curar. La literatura bíblica está repleta de historias de curaciones, y no hay razón por la que la reputación de Jesús como sanador excepcional no pueda ser aceptada con todo su valor. La resurrección de la hija de Jairo -Mateo 9,18-, acerca de la cual Jesús dijo: “*La niña no está muerta, sino dormida*”, y la del hijo de la viuda de Naím -Lucas 7,11-, pudieron haber sido recuperaciones de un estado de coma. La resurrección de Lázaro -Juan 11- es diferente; no sólo se trata de un hombre vuelto a la vida cuatro días después de ser enterrado, sino que este milagro asombroso -que decidió finalmente a las autoridades a acabar con Jesús-, es ignorado por los tres primeros evangelios. Sin embargo, también se atribuye a un contemporáneo nuestro, el líder hindú Sai Baba, el haber resucitado a un hombre cuyo cuerpo había empezado ya a entrar en descomposición (Bowen, 1988). Pero queda por explicar el acontecimiento más notable y significativo de todos los tiempos: la resurrección física del propio Jesús tres días después de haber muerto en la cruz.

¿El mayor milagro o la mayor ilusión de la historia? ¿Cómo hay que calificar la resurrección de Jesús de Nazareth? La

historia aparece en los cuatro evangelios, y hay una referencia a ella en 1 Corintios 15,3 que, probablemente, se relaciona con una creencia que data del período inmediatamente posterior a la muerte de Jesucristo. A continuación se ofrece un resumen de cada relato, para que resulte más fácil comparar y contrastar.

Marcos cuenta que Jesús fue azotado y maltratado por soldados romanos, que lo golpearon, lo coronaron de espinas y lo crucificaron. Murió a la hora novena -las 3 de la tarde- y debía ser enterrado antes de que empezara el *Sabbath*, a las 6 de la tarde, para que su cadáver no lo profanara. José de Arimatea, un discípulo secreto de Jesús, se atrevió a pedir autorización a Pilatos para enterrar el cuerpo. Éste, sorprendido de que Jesús ya hubiera muerto, lo comprobó con el centurión de guardia antes de acceder a la demanda de José. José envolvió el cuerpo con una "*sábana fina*" -¿sería el sudario de Turín?- y lo enterró a toda prisa en un sepulcro excavado en una roca, cuya entrada fue clausurada con una enorme piedra. María Magdalena y María, la madre de Jesús, vieron el lugar donde era enterrado.

Parte del viernes, todo el sábado -el *Sabbath*- y parte del domingo, totalizaban tres días para los judíos. El domingo, muy temprano, María Magdalena, María -madre de Santiago- y Salomé, fueron al sepulcro para ungir el cuerpo con especias, como solía hacerse. Se preguntaron quién habría quitado la piedra de la tumba para ellas y, al llegar, se sorprendieron al ver a un joven vestido de blanco que estaba sentado allí. El joven les dijo:

*No os asustéis. Buscáis a Jesús Nazareno, el que fue crucificado: ha resucitado, no está aquí; ved aquí el lugar donde le pusieron. Mas id y decid a sus discípulos y a Pedro que va delante de vosotros a Galilea, allí le veréis como os dijo.*

Desconcertadas y aterrorizadas, las mujeres huyeron y no se lo contaron a nadie. Cristo resucitado, continúa Marcos, se apareció en primer lugar a María Magdalena, que lo contó a los discípulos y no fue creída. Después se apareció "*en otra forma*" a dos discípulos que andaban por el campo y, finalmente, a los 11 apóstoles mientras comían, reprochándoles su falta de fe y exhortándolos

a predicar el evangelio por el mundo. Después, fue "*recibido en los cielos*".

Mateo agrega, a los daños físicos de Jesús, los malos tratos del Sanedrín -el consejo judío. También relata cómo las autoridades judías, recordando que Cristo había dicho que resucitaría al tercer día, pidieron a Pilatos que vigilara el cuerpo, para evitar que los discípulos lo robaran durante la noche y dijeran que se había producido una milagrosa resurrección. Pilatos replicó que enviaran a sus propios hombres, probablemente judíos de la guardia del templo, que mantenía el orden en el interior del recinto sagrado, donde no podían entrar los gentiles. Mateo omite a Salomé y dice que sólo dos mujeres visitaron la tumba al alba del domingo.

Un gran terremoto marca el descenso del cielo de un ángel cuya cara es "*brillante como el rayo*" y lleva "*vestiduras blancas como la nieve*"; retira la roca y se sienta en ella, aterrorizando a los guardianes que quedan estupefactos. Se dirige a las mujeres usando las mismas palabras que el "joven" de Marcos. Asombradas y jubilosas, las mujeres corren a contárselo a los discípulos. En el camino se encuentran con el mismo Jesús. Les repite el mensaje: los discípulos deben ir a Galilea, donde él se encontrará con ellos. Mientras tanto, los guardianes informan lo sucedido a los sumos sacerdotes, quienes los sobornan para que digan que los discípulos robaron el cuerpo mientras ellos dormían. Entonces, los discípulos se encuentran con Jesús en una montaña de Galilea, donde reciben instrucciones de evangelizar el mundo.

Lucas afirma que las mujeres -que no nombra- no sólo contemplaron el sepulcro donde Jesús estaba enterrado, sino "*cómo yacía su cuerpo*". El domingo, María Magdalena, Juana, María madre de Santiago y otra mujer, encontraron la piedra desplazada y quedaron perplejas ante la ausencia del cuerpo. Súbitamente, "*dos hombres que llevaban brillantes vestiduras*" se acercaron a ellas, y les transmitieron aproximadamente el mismo mensaje a que se refieren Marcos y Mateo, agregando el recordatorio de que Jesús había profetizado su muerte y resurrección. Las mujeres se lo contaron a los discípulos y no fueron creídas, pero Pedro corrió hasta el sepulcro, vio la mortaja abandonada y se alejó desconcertado.

Después, Lucas describe la caminata de dos de los discípulos hasta Emaús -sin indicar nombre- a 12 km de Jerusalén; Jesús se reunió con ellos, pero *“los ojos de ellos estaban detenidos, para que no lo reconocieran”*. Le hablaron de la crucifixión, y de que unas mujeres hallaron la tumba vacía y habían visto a unos ángeles que afirmaban que Jesús estaba vivo. Otros discípulos visitaron el sepulcro y verificaron que el cuerpo ya no estaba allí. Jesús les explicó las escrituras *“que le concernían”*, fue invitado a compartir su cena y fue reconocido, probablemente cuando bendijo y repartió el pan con sus gestos característicos. Después desapareció. Volvieron a toda prisa a Jerusalén y contaron lo sucedido a los demás apóstoles, quienes a su vez, dijeron que Cristo se había aparecido a Pedro.

Mientras hablaban, Jesús apareció súbitamente entre ellos. Quedaron aterrorizados pensando que veían a un fantasma, pero él les invitó a que lo tocaran mostrándoles sus manos y pies heridos, y probó su naturaleza viva comiendo con ellos. Les dijo que *“permanecieran en Jerusalén hasta que fueran vestidos de la virtud de lo alto”* -no se menciona ningún encuentro en Galilea- y, haciéndoles salir de la ciudad en dirección a Betania, ascendió a los cielos ante sus ojos. Los discípulos, jubilosos, se quedaron en Jerusalén donde iban diariamente a rezar al Templo.

Juan añade que un soldado clavó su lanza en el costado de Jesús mientras estaba en la cruz, y que de la herida salieron *“sangre y agua”*, descripción exacta, desde el punto de vista médico, de la rotura del pericardio; se trataba de una herida mortal, si Jesucristo aún no había muerto. Juan menciona una visita, el domingo por la mañana, *“mientras aún estaba oscuro”*, de María Magdalena sola. Al ver que la roca había sido movida, corrió a contar a Pedro y a Juan que el cuerpo de Jesús había sido sacado y *“nosotras -indicando claramente que no estaba sola- no sabemos dónde lo han puesto”*.

Los dos apóstoles corrieron. Juan, que llegó antes que Pedro, miró al interior del sepulcro y vio la mortaja, pero no entró. Pedro lo hizo a un lado y entró, Juan lo siguió y, tras observar que el tocado estaba lejos de la mortaja, se marcharon *“perplejos”*. María Magdalena volvió a la tumba y se quedó

fuera, llorando. Se inclinó y vio a dos *“ángeles”* -a los que no obstante pareció aceptar como seres humanos normales- a quienes, cuando le preguntaron por qué lloraba, replicó: *“Porque se han llevado de aquí a mi Señor, y no sé dónde le han puesto”*. Volviéndose, vio a Jesús, pero, quizá porque tenía los ojos llenos de lágrimas, no lo reconoció. Confundiéndolo con un jardinero le preguntó donde había puesto el cuerpo de Jesús. El replicó: *“María”*, de forma tal que lo reconoció inmediatamente. Le dijo que no lo tocara pero que dijera a los discípulos que estaba vivo. Esa misma noche Jesús se apareció a sus discípulos. Tomás, que estaba ausente en aquel momento, rehusó después creer que Cristo hubiera resucitado a menos que pudiera tocar sus heridas. Ocho días más tarde Jesús apareció nuevamente y Tomás quedó convencido.

Aparte de su imposibilidad básica, la resurrección puede ponerse en cuestión de varias maneras. En primer lugar, quizá las mujeres que contemplaron el entierro confundieron la tumba. Sin embargo, ese error hubiese sido descubierto y rectificado en seguida. O quizá, Jesús no murió en la cruz; perdió el sentido, se recuperó en la tumba, escapó de allí y fue visto después por alguno de sus seguidores (Morris, 1986). Pero las flagelaciones romanas eran tan terribles que mataban a muchas víctimas, incluso una breve permanencia en la cruz podía resultar fatal, así como la herida con la lanza. Por otra parte, el centurión -presumiblemente experto en esos asuntos- confirmó la muerte de Jesús. ¿Y cómo hubiera podido escapar de la tumba después de sufrir tan malos tratos?

Otra explicación es que el cuerpo hubiese sido robado por algunos de los discípulos para engañar a los demás, haciéndoles creer que Cristo había resucitado. Pero es muy improbable que una religión que se extendió tan rápidamente por todo el imperio romano, pese a una intensa persecución, se basara en un engaño, especialmente cuando sus líderes murieron heroicamente en el martirio sin revelar la trama, si es que la había. O ¿acaso fueron los romanos o los judíos quienes retiraron el cuerpo para cortar de raíz el cristianismo? Pero en ese caso, ¿por qué no lo exhibieron cuando se empezó a hablar de la resurrección? Y si el cuerpo había fue llevado a otra tumba, a poca distancia de Jerusalén,

¿por qué no lo dijeron? El primer sermón de Pedro sobre la resurrección tuvo como resultado 3000 conversiones.

## CONCLUSIONES

- Los críticos señalan que las historias de los evangelios están llenas de discrepancias, pero esto puede ser considerado una virtud, ya que demuestra que los autores no se pusieron de acuerdo. También demuestran su confianza en las historias, ya que las admiten sin necesidad de detalles que las debiliten, por ejemplo, el no reconocimiento temporal de Jesús y sus propias dudas. Además, las cuatro historias no son sustancialmente contradictorias, como demostró el erudito Bole en su libro (Bole, 1970). Con todo, puede que los acontecimientos registrados en el nuevo testamento fueran resumidos por escritores que no respetaban rigurosamente la cronología.
- Los creyentes hallan una confirmación de la resurrección en el sudario de Turín, pero los escépticos sostienen que algún factor desconocido, aunque ciertamente, racional, convenció a los primeros discípulos de algo que nunca sucedió (Morris, 1986). Pero los anales de la investigación científica y los archivos de

los coleccionistas de fenómenos anómalos, confirman la realidad de algunos “milagros” (Preston and Epley, 2009), de modo que quizá no existan razones para dudar de que los milagros del nuevo testamento ocurrieron exactamente igual como se cuenta en ellos.

- La ciencia moderna ha demostrado que todos los seres vivos aparecieron de forma sucesiva: comenzaron las plantas, siguieron peces, reptiles, aves, mamíferos y finalmente el hombre; todo esto coincide, esencialmente, con lo que está escrito en el Génesis, en el que se describe la creación del mundo en seis días. Estos días pueden considerarse etapas o períodos de tiempo -cuya extensión no es posible determinar hasta el momento. Pero, ¿cómo pudo el autor de este libro conocer, con tal exactitud, el orden de aparición de la vida, cuando la ciencia moderna necesitó años de investigación para lograr acercarse a una explicación satisfactoria, y cuando ningún ser humano pudo ver o estudiar tal proceso? Este es otro de los hechos de aplicación de ciencia o de ingeniería que narra la biblia y de cuya explicación estamos aún muy distantes.

## REFERENCIAS

1. Arbib, M. A. (1998). Self and society: between God and brain. Trends in Cognitive Sciences, Vol. 2, No. 10, pp. 377-378.
2. Biever, C. (2006). The God Lab. The New Scientist, Vol. 192, No. 2582, pp. 8-11.
3. Bode, E. L. (1970). The First Easter Morning: The Gospel Accounts of the Women's Visit to the Tomb of Jesus. Mexico: Biblical Institute Press.
4. Bowen, D. (1988). The Sathya Sai Baba Community in Bradford: Its origins and development, religious beliefs and practices. Leeds: University Press.
5. Clinton, K. J. (1962). A Look at the Relationship of Science and Scripture. Provocative Pamphlets, No. 92, pp. 23-25.
6. Curtis, A. H. W. (1982). Material culture of the land of the Bible in the Persian period 538-332 B.C. Religion, Vol. 16, No. 1, pp. 92-94.
7. Däniken, E. Von. (1975). Las apariciones. Barcelona: Martínez Roca.
8. Däniken, E. Von. (1976). El mensaje de los dioses. Barcelona: Martínez Roca.
9. Däniken, E. Von. (1981). La guerra de los carros de fuego: reportaje de una invasión. Madrid: Salvat.
10. DeYoung, D. (2000). Astronomy and the Bible. Los Ángeles: Times Pub. Co.
11. González, J. G. (2003). Enigmas del cristianismo: la sábana santa, estigmatizados, apariciones. Barcelona: Nowtilus Frontera.
12. Josefo, F. (1997). Las guerras de los judíos. Madrid: Leer E.
13. Morris, H. M. (1925). The Bible and Modern Science. Edinburgh: Pickering Inglis.

14. Morris, H. M. (1986). Science and the Bible. Cincinnati: Moody Publishers.
15. Muirhead, Bob. (2006). Bible is no textbook. The New Scientist, Vol. 191, No. 2566, pp. 22-29.
16. Buffaloe, N. D. (1969). God or Evolution? Mission, Abril, pp. 17-21.
17. Preston, J. and Epley N. (2009). Science and God: An automatic opposition between ultimate explanations. Journal of Experimental Social Psychology, Vol. 45, No. 1, pp. 238-241.
18. Ramm, B. (1954). The Christian View of Science and Scripture. London: Eerdmans.
19. Schultes, R. E. (1985). Medicinal plants of the bible. Journal of Ethnopharmacology, Vol. 13, No. 1, pp. 115-121.
20. Stanford, R. G. and Stein A. (1994). A meta-analysis of ESP studies contrasting hypnosis and a comparison condition. Journal of Parapsychology, Vol. 58, No. 3, pp. 235-269.
21. Stoner, P. W. (1958). Science Speaks. USA: Moody Press Chicago.
22. Strauss, L. (1997). Spinoza's critique of religion. USA: University Chicago Press.
23. Tyra, G. (2004). Are Christian Faith and Natural Science Mutually Exclusive? Costa Mesa: Class handout, Vanguard University.
24. Van de Castle, R. L. Sueños Telepáticos, Precognitivos y Clarividentes. <http://www.suenos.saludparati.com/telepaticos2.htm>. Marzo 23 de 2009.
25. Walvoord, J. F. (2007). Armagedon, petroleo y terror. New York: Tyndale House Publishers.
26. Young, E. J. (1999). Studies in Genesis One. Germany: Presbyterian Reformed.

Ω

## **QUALITY ASSESSMENT OF HIGHER MATH I SUBJECT IN THE AREA OF THE SEDE UNIVERSITARIA MUNICIPAL CAMAJUANÍ CUBA: COLLECTIVE EXPERIENCE OF A CAREER**

### **ABSTRACT**

*In this paper it is introduced an approach to the results of quality assessment in Higher Mathematics Course I taught in the first semester of the first year of Accounting degree at the university venue Municipal de Camajuaní. The results show a growing concern among students and teachers for the increase of the quality of the subject, as a way to improve and meet the growing demands of the society to the University in shaping the Twenty-First Century professional. By the techniques used for self-assessment of the quality of the course, we fulfil the objective of reflecting the experience of the group of teachers of the Course and Career in the Internal Self-Assessment of the subject Higher Mathematics Course I, in order to optimize the teaching-learning process in the classroom.*

**Keywords:** *quality, assessment, course, teaching.*

## **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA ASIGNATURA MATEMÁTICA SUPERIOR I EN EL ÁMBITO DE LA SEDE UNIVERSITARIA MUNICIPAL CAMAJUANÍ CUBA: EXPERIENCIA DE UN COLECTIVO DE CARRERA**

**Carlos Alberto Hernández Medina -  
Delia Velásquez López-Castro - Sandra Pérez Sequeda**  
Sede Universitaria Municipal Camajuaní, Villa Clara Cuba  
[cahm862@uclv.edu.cu](mailto:cahm862@uclv.edu.cu)

(Artículo de INVESTIGACIÓN) (Recibido el 24 de julio de 2009. Aceptado el 24 de septiembre de 2009)

### **RESUMEN**

En el trabajo se hace un acercamiento a los resultados de la evaluación de la calidad en la asignatura Matemática Superior I impartida en el primer semestre del primer año de la Carrera de Contabilidad, en la Sede Universitaria Municipal de Camajuaní. Los resultados muestran una preocupación creciente entre estudiantes y docentes por el incremento de la calidad de la asignatura, como forma de mejorar y satisfacer las demandas crecientes de la sociedad a la Universidad en la formación del profesional del siglo XXI. Mediante las técnicas utilizadas para la autoevaluación de la calidad de la asignatura, cumplimos el objetivo de reflejar la experiencia del colectivo de profesores de la Asignatura y la Carrera en la Autoevaluación Interna de la asignatura Matemática Superior I, con el fin de optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula.

**Palabras clave:** calidad, evaluación, asignatura, actividad docente.

### **INTRODUCCIÓN**

Desde comienzos del siglo XXI la calidad es uno de los objetivos prioritarios de las empresas en todos sus ámbitos (Buendía, 2001). En este sentido, cada vez son más los centros educativos que se suman a la corriente de mejora de la calidad, aplicando los principios de la gestión de la calidad, igual que se hace en el ámbito empresarial. El Modelo Europeo de Gestión de la Calidad - EFQM- empleado por las organizaciones para estimar el nivel de gestión de la calidad, se ha aplicado ampliamente en la evaluación de la educación (Rey, 1998) (Farrar, 2000)

(Calvo y Criado, 2003) (Rodríguez *et al*, 2003). Este modelo propone un proceso estandarizado de evaluación donde el centro educativo reflexiona sobre su situación respecto a nueve criterios propuestos. En el análisis de esos criterios se detectan los puntos fuertes y áreas de mejora de los que se derivan las correspondientes acciones de mejora.

En este contexto se debe introducir una cultura de calidad basada en la mejora continua y que depende del compromiso de todos los actores del proceso. La dirección debe lograr que todo el colectivo se



involucre realmente con la calidad, aprenda a trabajar en equipo, sea capaz de detectar errores y de proponer soluciones que sus propios miembros se encargarán de poner en práctica. Para lograrlo es muy importante la comunicación en todas direcciones con el fin de generar y compartir el conocimiento necesario.

Cuando en una organización empresarial le apuesta a la introducción de un sistema de mejora de la calidad basado en la eficacia y la mejora continua, tiende a seguir una serie de etapas en su implantación. Estas etapas - autoevaluación y mejora- se pueden extrapolar al ámbito educativo, y pueden ayudar a todo centro a tener las directrices a seguir y las líneas de actuación generales que le orienten hacia dónde dirigirse en cada momento (Ugalde, 1997).

Al hablar de calidad de un producto se hace referencia a la conformidad con ciertas especificaciones, las cuales vienen determinadas por consideraciones técnicas, y por las preferencias y expectativas de los consumidores, usuarios o clientes. Aunque es cierto que en otros ámbitos se aborda el tema de la definición de calidad desde enfoques multidimensionales, donde se incluyen criterios como la fiabilidad, la calidad percibida, la validez, etc., lo más usual es referirse a la satisfacción de los clientes (Apodaca, 2001).

De acuerdo con la filosofía TQM, el cliente es el centro de la calidad del proceso. Es importante conocerlo para saber lo que espera que se le ofrezca y qué se le puede ofrecer. Queda claro que los estudiantes son los clientes en un centro educativo, y también que el cliente de la universidad abarca a otros colectivos como la sociedad en su conjunto (Peña, 1997). Sin discutir si los estudiantes son los clientes principales, lo que está claro es que sí lo son tanto de la actividad docente como de los otros servicios administrativos que ofrecen las universidades. Por tanto, a efectos de este trabajo, se considera cliente al estudiante porque nuestro objetivo se centra en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por otro lado, según Álvarez y Rodríguez (1997) y Fernández (2001), se puede decir que el producto es la educación adquirida por el estudiante que, además de conocimientos

generales y específicos, incluye las habilidades y el desarrollo personal.

A partir de estas ideas, la preocupación por la calidad conduce a la necesidad de evaluar las tareas docentes (Buendía, 2001) (González y Pérez, 2004). Esto se lograría evaluando las asignaturas para determinar si son capaces de llevar al estudiante no solo el conocimiento, sino habilidades y una formación integral como futuros profesionales.

En este caso se puede seguir también como herramienta la metodología propuesta por el modelo EFQM. De este modo se persigue analizar a fondo cómo actúa el profesor en el aula y el desarrollo concreto de su asignatura, a través de la identificación de puntos fuertes, áreas de mejora y acciones de mejora. Por tanto, la organización debe desarrollar controles periódicos con el fin de obtener retroalimentación, y conocer el éxito o fracaso del plan que está desarrollando, para encontrar puntos débiles que serán la base de las mejoras futuras. No se trata de lograr unos estándares de calidad fijos sino de alcanzarlos de forma eficiente, y de superarlos cada día con la ayuda de todos los miembros de la organización y la dirección, de la que debe nacer el convencimiento, el ejemplo y la motivación.

En la actualidad, las universidades muestran una preocupación creciente por la calidad como forma de mejorar y satisfacer las demandas de los usuarios -alumnos, empresas, instituciones, etc. Estas mejoras deben ir enfocadas a la investigación, los servicios y la docencia, siendo esta última uno de los campos menos reconocidos. Entre las técnicas utilizadas para la mejora de la calidad docente distinguimos la denominada "amigos críticos", que consiste en una evaluación de la docencia por los propios compañeros, y la realización de encuestas a los alumnos.

El objetivo de este trabajo es reflejar la experiencia de un colectivo de profesores de la Asignatura Matemática Superior I perteneciente a la Carrera de Contabilidad, en la Autoevaluación Interna de la asignatura, con el fin de optimizar el proceso de enseñanza -aprendizaje en el aula y sus resultados tras la aplicación de las dos técnicas mencionadas, con el fin de

optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula.

## METODOLOGÍA

La necesidad de superación como profesionales de la docencia, lleva a los profesores universitarios de la SUM Camajuani a formar una red de colectivos de Asignatura en cada carrera, con el fin de mejorar en grupo el aprendizaje de los alumnos y la docencia de los componentes del claustro. Esta acción, realizada conforme al proceso de autoevaluación reflejado en el modelo EFQM, se enmarca en un proyecto de investigación rectorado por el Vicerrectorado de Universalización a convocatoria del CEED en la UCLV. El punto de partida es fijar los objetivos siguientes:

1. Evaluar nuestras asignaturas para descubrir puntos fuertes y áreas de mejora, para posteriormente identificar e implantar las acciones de mejora correspondientes y comprobar su grado de cumplimiento.
2. Fomentar el aprendizaje de los alumnos para mejorar sus resultados, incrementando su motivación.

En este artículo se refleja la experiencia de un colectivo de la asignatura Matemática Superior I de la carrera de Contabilidad en la Sede Universitaria de Camajuani, cuyo objetivo es mejorar su asignatura. El punto de partida para conseguirlo es realizar autoevaluaciones de todos los factores que influyen en la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje. Para ello se aplica la metodología de autoevaluación de la asignatura mediante el instrumento que se muestra en el Anexo 1 y el modelo EFQM, que consiste en identificar puntos fuertes, áreas de mejora y acciones de mejora.

Los resultados obtenidos fueron fruto del trabajo individual -búsqueda de bibliografía, reflexión, lectura de artículos, coordinación entre profesores para mejorar el instrumento de autoevaluación, etc.-, y de una serie de reuniones metodológicas y de coordinación, realizadas durante un período de seis meses. El contenido de estas reuniones se centró en fijar los objetivos y metas a alcanzar, que permitió orientar las acciones posteriores, y en la elaboración de la encuesta y desarrollo del informe final con acciones de mejora, puntos fuertes y áreas de mejora, detectadas

a través de la técnica “amigos críticos” (Costa y Kallick, 1993) (Bambino, 2002) (Andreu *et al.*, 2003) como se expone posteriormente, así como su discusión, que generaron diversidad de opiniones, consensuadas en una serie de acuerdos.

Para cumplir con el primer objetivo propuesto, el colectivo de asignatura utilizó dos herramientas: visitas de clases y encuestas a los alumnos. La primera de ellas consiste en la observación y evaluación de los métodos docentes *in situ* de uno de los componentes del colectivo por otros miembros. En la segunda evaluación realizada por parte de los miembros del colectivo de carrera, se compararon los resultados obtenidos con las acciones de mejora planteadas tras la primera visita. La evaluación individual se realizó de acuerdo a un formato consensuado por todos los miembros (Ver Anexo 1). Por último, se recogieron los puntos fuertes y áreas de mejora del profesor observado.

Las encuestas las contestaron los alumnos que asisten a la clase correspondiente al profesor evaluado. En ellas se recogen aspectos sobre su método docente y el contenido de la asignatura, con el fin de conocer la opinión de los alumnos sobre estos temas. En concreto, al alumno se le pedía que realizara un listado de puntos fuertes y débiles de la asignatura y del profesor. Se le preguntaba si conocía los objetivos y el método de evaluación de la asignatura, para que u respuesta a cada pregunta fuera un sí o un no. Además, se dejaba un último apartado abierto para que el alumno realizara cualquier comentario que considerara oportuno.

Para el segundo objetivo se utilizaron pruebas objetivas de evaluación. Al finalizar una unidad didáctica se propone a los alumnos que lo repasen para que en la siguiente clase puedan contestar preguntas en clase. Al terminar la realización de preguntas, se corrigen y se discuten los resultados en clase durante cinco o diez minutos. El principal fin que se persigue con la puesta en práctica de este procedimiento es que el alumno incremente su motivación, por dos razones: porque el resultado de la prueba se refleja en la nota final y por el hecho de sentirse considerado y observado de cerca.

## RESULTADOS

A partir de la información obtenida mediante la aplicación de la técnica de los “amigos críticos” y las encuestas a los alumnos, se

realiza un resumen de puntos fuertes y áreas de mejora comunes para el colectivo de asignatura:

**Tabla 1. Puntos fuertes y débiles del colectivo de asignatura**

PUNTOS FUERTES	PUNTOS DÉBILES
Componente laboral - investigativo fuerte	Bajos Resultados Docentes
Claridad y precisión de los profesores	Poco ajuste a la Clase Encuentro
Motivación del alumno	Estudiantes con baja preparación previa
Se fomenta la participación y comunicación	Poco uso de la guía formativa
Buena preparación del claustro	Escasa atención personalizada
Control de la disciplina y Educación Formal	Ajuste de Medios de Enseñanza al Método
Documentación en regla	Clases largas y tediosas
Procesos bien planeados	Sistema de Evaluación incorrecto
Recursos suficientes	TIC en función de la docencia

Tras este primer análisis se establecieron los puntos fuertes y débiles más importantes de manera global -Figura 1-, ya que son

similares para la mayoría de los miembros del colectivo de carrera, así como las acciones de mejora derivadas de estos últimos:

**Tabla 2. Acciones de mejora**

Áreas de mejora	Acciones de mejora
Bajos Resultados Docentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Buscar fuentes de motivación.</li> <li>▪ Usar ejemplos de la especialidad para explicarlos en clase.</li> </ul>
Poco ajuste a la Clase Encuentro	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Garantizar la autopreparación de los estudiantes para la Clase Encuentro.</li> <li>▪ Preparar adecuadamente las Guías Formativas.</li> </ul>
Estudiantes con baja preparación previa	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Preparar un Curso Básico.</li> <li>▪ Seleccionar los nuevos ingresos.</li> </ul>
Poco uso de la guía formativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Introducir en el tercer momento ejercicios que obliguen al estudiante a ir a la guía formativa.</li> </ul>
Escasa atención personalizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diagnosticar adecuadamente al grupo y los estudiantes.</li> <li>▪ Preparar las Clases Encuentro en función de cada Fuente de Ingreso.</li> <li>▪ En las consultas priorizar la atención a las diferencias individuales.</li> </ul>
Sistema de Evaluación incorrecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fomentar un mayor peso de la evaluación en el aula.</li> <li>▪ Realizar evaluación integradora que mida la formación del estudiante.</li> </ul>
TIC en función de la docencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Usar Plataformas Interactivas.</li> <li>▪ Preparar Carpetas de la asignatura.</li> </ul>

Una vez definidas las acciones de mejora, el siguiente paso fue la elaboración de un cuestionario interno de mejora, que recogiera los puntos fuertes y débiles obtenidos a partir de las visitas de los “amigos críticos”. En la segunda visita, estos puntos fueron valorados en una escala de 1 a 5, en función de si había o no una mejora en cada uno de ellos. Algunas de las mejoras detectadas, consecuencia del esfuerzo de la red en superar las áreas de mejora

identificadas, fueron las siguientes, de forma global para todos los miembros:

- Más ejemplos prácticos de la vida real
- Fomento de la participación
- Explicación de las tareas de la próxima clase
- Planteamiento de preguntas al alumno
- Tono de voz menos rápido y más alto
- Explicación de los contenidos antes de exponerlos

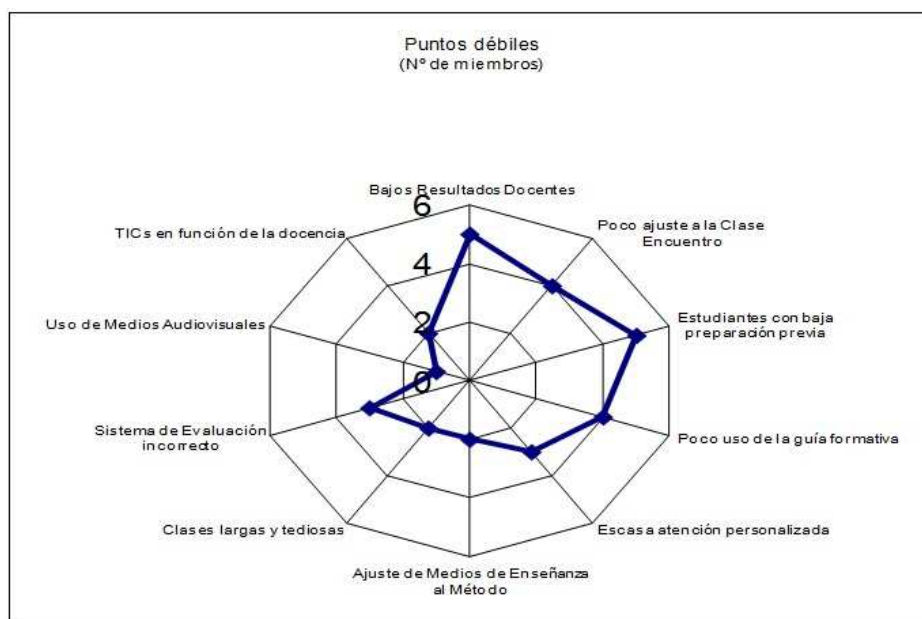
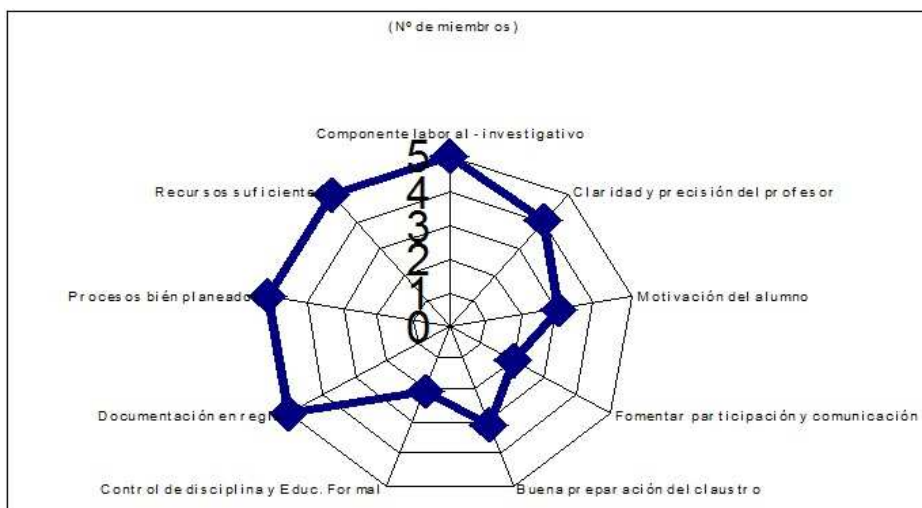


Figura 1. Grado de importancia global de los puntos fuertes y áreas de mejora

Así mismo, en la encuesta al alumnado, también se preguntó por los puntos fuertes y áreas de mejora de las asignaturas sobre las que se trabajaba. Los resultados se reflejan en la tabla 3. En realidad, esta información no se utilizó para establecer acciones de mejora sino como información contextual,

puesto que la elaboración de los programas no depende exclusivamente de los miembros del colectivo de asignatura. A partir de la información obtenida de las tablas 2 y 3 se pueden descubrir los intereses del alumno, de manera que se puedan encontrar sus fuentes de motivación.

Tabla 3. Puntos fuertes y débiles de las asignaturas

Puntos fuertes	Áreas de mejora
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Asignatura práctica y provechosa para el mundo laboral</li> <li>▪ Alumnos motivados por la asignatura</li> <li>▪ Amplia presentación a pruebas</li> <li>▪ Asistencia muy buena a los encuentros</li> <li>▪ Buena estructura del programa</li> <li>▪ Existe teoría y práctica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Poco aprovechamiento de asignatura</li> <li>▪ Afectación a la permanencia en la carrera</li> <li>▪ Poca preparación de los estudiantes</li> <li>▪ No hay curso básico de la asignatura</li> <li>▪ Activismo pedagógico</li> <li>▪ Análisis semanales del encuentro</li> <li>▪ Guías de ejercicios, ejemplos integradores</li> </ul>

## DISCUSIÓN

Este trabajo describe la experiencia de un grupo de profesores motivados por la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje. Se es consciente de que la actuación aislada no puede producir grandes cambios en la calidad docente, puesto que sólo se ponen en práctica en los grupos de alumnos. Por ello, se espera que esta experiencia sirva para demostrar que es posible y necesario introducir mejoras. Mientras tanto, se continúa implantando, en la medida de lo posible, lo que en la literatura sobre gestión de la calidad se conoce como mejoras incrementales, tales como las desarrolladas en este trabajo.

Después de esta experiencia, los factores positivos considerados más importantes para la obtención de resultados son los siguientes:

- Claridad de objetivos, criterios de evaluación y definición de los elementos empleados en el proceso.
- Objetividad del evaluador y la confianza depositada en él por parte del evaluado.
- La retroalimentación y discusión del proceso de evaluación en el que hay que clarificar ideas, y llegar a conclusiones específicas -medidas de acción-, comprendidas y aceptadas.
- Disposición de los miembros de la red para mejorar sus prácticas, escuchar y tener en cuenta las sugerencias de los compañeros en la medida de lo posible.

También se detectó una serie de limitaciones:

- El reto para que el evaluado reconozca tanto sus puntos fuertes como los débiles, pues se trata de una técnica constructiva.
- Si la herramienta de evaluación está mal planteada o si el sujeto no se identifica con los objetivos, pueden desencadenarse discusiones negativas entre los miembros del grupo.
- Es difícil establecer relaciones de confianza con compañeros a los que apenas se trata, por lo que es preciso reunirse con cierta frecuencia.

A la hora de desarrollar el proceso se encontraron algunos problemas que se deben conocer para así poder evitarlos. En primer lugar, la evaluación no puede hacerse en las

dos primeras clases ni las dos últimas, porque el número de alumnos es escaso; existe un bajo grado de adaptación de los alumnos durante las primeras clases y suelen ser clases atípicas -presentación de la asignatura, dudas, etc.

Los alumnos no suelen ser conscientes de lo importante que son sus aportes y de lo que podrían mejorar las clases; además, a veces no colaboran cuando el profesor se esfuerza en fomentar la participación, lo cual lleva a plantear qué hacer para conseguir su participación.

En otro orden de ideas, existe una cierta presión psicológica al tener compañeros observando cuando se realiza la evaluación, lo que puede modificar el comportamiento del sujeto. Finalmente, cabe citar la sensación de incapacidad ante la imposibilidad de tomar determinadas acciones de mejora, porque la asignatura depende también de otras personas que no están en el colectivo de asignatura.

## CONCLUSIONES

La creación del colectivo de asignatura y la realización de este trabajo han supuesto en lo referente al papel docente:

- Conocer mejor a los compañeros con los que de otro modo no se mantendrían relaciones de tanta confianza.
- Aprender a trabajar en equipo.
- Mejorar la práctica docente y la relación profesor/alumno al implicar a éste en el proceso.

## RECOMENDACIONES

A partir de lo expuesto se plantean las siguientes sugerencias para tener en cuenta en futuras investigaciones y trabajos de colectivos de calidad docente:

- Hacer partícipes a los alumnos de los grupos de reflexión y convertirlos en amigos críticos.
- Desarrollar programas de formación dirigidos a los profesores, para ayudarles a mejorar en su labor docente, a reciclar sus prácticas, aprender nuevas tecnologías a aplicar en las distintas formas o métodos de impartir clase, usar herramientas didácticas, etc.

## REFERENCIAS

1. Alvarez, M. y Rodríguez S. (1997). La calidad total en la universidad: ¿Podemos hablar de clientes? Boletín de Estudios Económicos, Vol. 52, No. 161, pp. 333-352.
2. Andreu, R., Canós L., De Juana S., Manresa E., Rienda L. and Tarí J. J. (2003). Critical friends: a tool for quality improvement in universities. Quality Assurance in Education, Vol. 11, No. 1, pp. 31-36.
3. Apodaca, P. M. (2001). Calidad y evaluación de la educación superior: situación actual y prospectiva. Revista de Investigación Educativa, Vol. 19, No. 2, pp. 367-382.
4. Bambino, D. (2002). Critical friends. Educational Leadership, Vol. 59, No. 6, pp. 25-27.
5. Buendía, L. (2001). Hacia una universidad de calidad. Revista de Investigación Educativa, Vol. 19, No. 2, pp. 577-578.
6. Calvo de Mora, A. y Criado F. (2003). Análisis del poder predictivo del modelo EFQM para la gestión y mejora de la calidad en la Universidad Pública Española, XIII Jornadas Hispano-Lusas de Gestión Científica. Lugo, España.
7. Costa, A. L. and Kallick B. (1993). Through the lens of a critical friend. Educational Leadership, Vol. 51, No. 2, pp. 49-51.
8. Farrar, M. (2000). Structuring success: A case study in the use of the EFQM Excellence Model in school improvement. Total Quality Management, Vol. 11, No. 4-6, pp. 691-696.
9. Fernández, R. (2001). El profesor en la sociedad de la información y la comunicación: nuevas necesidades en la formación del profesorado. Docencia e Investigación, Vol. 11, No. 1, pp. 19-30.
10. González, M. A. y Sánchez N. (2004). La evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje. Fundamentos básicos. Docencia e Investigación, No. 14, pp. 95-110
11. Peña, D. (1997). La mejora de la calidad en la educación: reflexiones y experiencias. Boletín de Estudios Económicos, Vol. 52, No. 161, pp. 207-226.
12. Rey, A. A. (1998). Cómo gestionar la calidad en las universidades: el Modelo Europeo de Excelencia Universitaria. Burgos: Club Gestión de Calidad.
13. Rodríguez, J., Mira J. J., Gómez J. M., Blaya I., García A. y Pérez V. (2003). Implantación de un sistema de calidad en la enseñanza superior basado en el Modelo Europeo de Excelencia. ESIC MARKET. Enero-Abril, pp. 243-252.
14. Ugalde, M. (1997). Gestión de Calidad Total: una experiencia en el ámbito educativo. Boletín de Estudios Económicos, Vol. 52, No. 161, pp. 299-308.



## **EMPIRICAL ANALYSIS FOR THE RESOLUTION OF TIME RIDDLE**

### **ABSTRACT**

*Many believe that the time runs continuously, but modern science has discovered that reality can be much more complex, and that time travel may be physically possible. If according to abstract principles of physics is possible to travel through time, how can it be achieved? Maybe someday the super-dense neutron stars allow space travelers to move into the past. Many scientists agree that we can only understand the physical world if we are willing to give up many of our ideas about the nature of time. The escapes of the past suggest that this really is always with us, which exists to a level that everyone can access psychically influenced, what are the implications of this fascinating idea?*

**Keywords:** *time, machine time, fourth dimension, time travel.*

## **ANÁLISIS EMPÍRICO A LA RESOLUCIÓN DEL ENIGMA DEL TIEMPO**

**Alfred Diestieg H., Norman Diertmens P.**

*Grupo de investigación NOVA, Madrid España.*

[gruponova@gawab.com](mailto:gruponova@gawab.com)

(Artículo de REVISIÓN) (Recibido el 23 de abril de 2009. Aceptado el 17 de junio de 2009)

### **RESUMEN**

Muchos creen que el tiempo discurre de manera continua, pero la ciencia moderna ha descubierto que la realidad puede ser mucho más compleja, y que el viaje por el tiempo tal vez sea físicamente posible. Si según los principios abstractos de la física es posible viajar a través del tiempo, ¿cómo puede conseguirse? Quizás algún día las súper densas estrellas de neutrones permitirán a los viajeros del espacio trasladarse hacia el pasado. Muchos hombres de ciencia están de acuerdo en que sólo podremos entender el mundo físico si estamos dispuestos a renunciar a muchas de nuestras ideas acerca de la naturaleza del tiempo. Las huidas al pasado parecen indicar que realmente éste siempre nos acompaña, que existe a un nivel al que todas las personas psíquicamente influenciadas pueden acceder, ¿cuáles son las implicaciones de esta fascinante idea?

**Palabras clave:** tiempo, máquina del tiempo, cuarta dimensión, viaje en el tiempo.

### **INTRODUCCIÓN**

Todos somos viajeros del tiempo, con cada rotación completa de la Tierra recorreremos una cierta distancia en el tiempo, distancia que generalmente comparten todos los demás. Tal es la realidad de nuestras vidas cotidianas; pero, ¿quién no ha especulado con la posibilidad de variar este progreso continuo, con poder acelerar o aminorar nuestro paso? ¿Y qué decir acerca de la posibilidad de viajar hacia atrás en el mismo camino, a fin de visitar el pasado y tal vez alterarlo? Aunque el viaje físico a través del tiempo sea imposible -o impracticable-, ¿qué decir acerca de la posibilidad de la comunicación a través del tiempo, en forma de sueños o visiones?

Aunque pueda parecer sorprendente, la ciencia admite la posibilidad del viaje físico a

través del tiempo, en determinadas circunstancias. Sin embargo, esto exige una nueva manera de contemplar la realidad. Para tender un puente entre nuestra propia experiencia cotidiana del tiempo y las extrañas posibilidades que surgen al abandonar esta visión basada en el sentido común, conviene que examinemos primero algunos problemas y paradojas. Para una persona no imaginativa, el descubrimiento de una paradoja viene a demostrar que el viaje a través del tiempo es imposible; pero para quien está dotado de imaginación, una paradoja constituye un reto que le induce a buscar una solución más radical.

### **LA NATURALEZA DEL TIEMPO**

El tiempo -inasible, fantasmal, efímero- es realidad la última frontera en su misterio esencial, y una eterna fascinación para los

hombres y mujeres de todos los tiempos, una que los empuja hacia adelante, les arrebató a sus seres queridos y los lleva hacia las heladas brumas del futuro (Gilliland et al, 1946). Prisioneros del barco de la vida, enrolados por toda la duración del viaje, tenemos conciencia del cambiante panorama y registramos en nuestra memoria a los que se marchan; anticipamos, predecimos, intentamos decidir el rumbo del barco; tratamos de evitar escollos invisibles y de dirigirnos a puertos seguros,... pero sabemos que la corriente, inexorable, nos empujará siempre. Todas las criaturas vivientes tienen relojes biológicos para medir el paso del tiempo; algunos son toscos, como el hambre; otros están regulados por los ciclos de la naturaleza.

El hombre posee un don adicional: su misteriosa conciencia, su ego, que puede contemplar su existencia, revisar los recuerdos del pasado y extrapolar a partir de ellos. Desde el momento en que la inteligencia le llevó a sobrepasar por primera vez la conducta instintiva, el tiempo y sus efectos en el mundo fascinan al hombre. Observó el paso del Sol por el firmamento y la lenta oscilación anual de los lugares por donde salía y se ponía en los horizontes oriental y occidental. Vinculada a estos ciclos estaba su experiencia de las variaciones en la temperatura y la luminosidad del día, los cambios estacionales y las migraciones animales.

Cuando el Sol pasaba mucho tiempo encima del horizonte, los días eran cálidos y las cosas vivientes crecían mucho; cuando la duración del día era más breve, la naturaleza estaba congelada, soplaban vientos fuertes y el sueño, hermano menor de la muerte, se apoderaba de muchos animales (Millán y García, 2000). Por la noche, el hombre veía la Luna, que imitaba velozmente la salida y la puesta del Sol. Observó la secuencia del ciclo lunar y nació el concepto de mes. Y los costeros y pescadores descubrieron el vínculo, aún más extraño, entre las fases de la Luna y las mareas.

Todos los misteriosos ciclos del mundo natural parecían ser gobernados por los movimientos de los cuerpos celestes. Pero las estrellas eran inmutables, fríos y remotos diamantes de luz, profusamente esparcidos al comienzo de los tiempos por algún dios

creador que estaba más allá del invisible cuenco de la noche, y ordenados de modo que mantuvieran su dibujo al girar desde la salida hasta la puesta. Unas pocas, poquísimas estrellas -los planetas- parecían más libres que las demás y vagabundeaban a distintas velocidades por los campos del espacio, deteniéndose ocasionalmente como para contemplar algún sueño cósmico, volviendo sobre sus pasos con algún misterioso propósito, durante semanas o meses antes de recomenzar su avance anterior.

Cambio, siempre cambio; nacimiento, crecimiento, decadencia y muerte. El bebé se transformaba en un niño que jugaba con juguetes, con animales, con sus amigos. El niño desaparecía al llegar la juventud; su personalidad cambiaba, su vida anterior como bebé, como niño, se transformaba en recuerdos incompletos, fugaces. El joven se transformaba en hombre y el tiempo volaba, trayendo buenas y malas cosechas, amigos y enemigos, vejez y enfermedades. Y siempre cambio.

La impresión que la naturaleza forzaba en el hombre era la del paso del tiempo, de experiencias que se presentaban sucesivamente, formándose a partir del impredecible e inexistente futuro, cristalizando en el ahora real y presente, deslizándose hacia el inexorable pasado. Y a medida que se hacía viejo -detalle irónico-, el tiempo parecía acelerarse, de modo que a los interminables veranos de la infancia sucedía, en la vejez, el vertiginoso paso de las estaciones. Si pudiera volver atrás; si hubiera sabido lo que me esperaba; tengo miedo del futuro; si este momento pudiera durar siempre; si hubiera sabido entonces lo que sé ahora. Este tipo de lamentos, tan universales, encuentran un eco en los tristes homenajes de poetas, dramaturgos y filósofos al inexorable paso del tiempo.

En el libro del Eclesiastés (3: 1-2) se lee: *“Para cada cosa hay una estación y un tiempo para cada propósito bajo los cielos. Un tiempo para nacer y un tiempo para morir; un tiempo para sembrar y un tiempo para cosechar lo que se ha sembrado”*. Mucho después, en el siglo II, el emperador filósofo Marco Aurelio (170-180 D.C.) reflexionaba: *“El tiempo es como un río compuesto por los hechos que acaecen, y su*



*corriente es fuerte; en cuanto algo aparece, es arrastrado y aparece otra cosa en su lugar, que también será arrastrada*". El tiempo domina todas las acciones, emociones y deseos del hombre. Clama contra el tiempo que le arrebatara las experiencias gozosas, y protesta, también infructuosamente, ante la lentitud con que transcurre en los momentos de aburrimiento, dolor o miseria. Pero el tiempo no le escucha. Lo lleva a su propio ritmo, como si fuera un perro, obediente a las intenciones de su amo.

Los diccionarios suelen dedicar páginas enteras a definir las distintas acepciones del tiempo y las expresiones con él relacionadas. Sin embargo, la cantidad de palabras que componen la definición básica de "tiempo", según la RAE, es de siete: "*Duración de las cosas sujetas a mudanza*". Hay que admitir que no es una definición que aclare mucho las cosas en cuanto a la naturaleza del tiempo. Y sin embargo, en cada generación existen personas que dedican sus mejores energías a luchar con este tema.

Para algunos el tiempo es una ilusión; para otros un proceso lineal, un cómodo mecanismo matemático o dinámico; algunos se ven forzados a la conclusión de que el tiempo es multidimensional; los físicos modernos introdujeron el concepto del "universo en bloque" (Petkov, 2006), en el que el tiempo es sólo una dimensión de un universo tetradimensional, estático e invariable, explorado por nuestras conciencias individuales. La relatividad confirmó elasticidad al tiempo, fluye a diferentes velocidades en diferentes lugares (Einstein, 2007-2). Los descubrimientos de la mecánica cuántica y de la física nuclear llevan a algunos a concebir universos aún más extraños en los que el tiempo, si pasa, hasta puede invertir su flujo en algunas partículas subatómicas (Mensky, 1990).

Algunas de las ideas más fascinantes sobre la naturaleza del tiempo provienen de la consideración de hechos a los que corresponde el calificativo de paranormales. Entre ellos figuran las premoniciones, precogniciones y retrocogniciones, apariciones espontáneas y experimentales, cosas que la mayoría de la gente descarta como locuras inofensivas, legado de nuestro supersticioso pasado precientífico. Y sin embargo, lejos de ser engañosos o inútiles,

esas cosas y los análisis que de ellas hacen filósofos y hombres de ciencia, arrojan luz sobre la anatomía del tiempo, permitiéndonos llegar a ciertas conclusiones importantes.

### **EL TIEMPO SE DISTORSIONA**

Poco a poco, los científicos empiezan a acostumbrarse a prescindir del sentido común. La idea de un fluir continuo del tiempo se ha superado, algunas partículas viajan a velocidades semejantes a la de la luz; la teoría einsteniana de la realidad, muy distante del sentido común usual, aporta la mejor descripción de cómo funciona el universo (Einstein, 1936, 2007-1, 2007-2, 2008). Al igual que el espacio, el tiempo es elástico y no rígido, y la descripción de Einstein (Greene, 2006) implica una fusión en la que tiempo y espacio son vistos como dos caras de la misma moneda, una moneda a la que cabe apodar "espacio-tiempo".

Tanto el tiempo como el espacio pueden extenderse y acortarse según las circunstancias, y el tiempo puede trocarse por el espacio siempre y cuando se mantenga el equilibrio total apropiado; este es un hecho científico incontrovertible. La teoría de la relatividad viene confirmada por la medición directa de lo que les ocurre a las partículas subatómicas proyectadas a velocidades enormes dentro de las modernas máquinas "tritadoras de átomos", es decir, los aceleradores de partículas. Es un hecho, y no una especulación, que tales partículas tienen mayor duración de vida que las mismas partículas en condiciones estacionarias (Zerga, 1944), y es un hecho que un astronauta que viaje a una velocidad que sea una fracción mensurable de la velocidad de la luz envejece menos que los demás mortales que permanecemos en la Tierra (von Hoerner and Schaifers, 1960), (Amir and Newhouse, 1983), (Kenny, 2006).

Otra manera de dilatar el tiempo, siempre dentro del pensamiento científico aceptado, consiste en instalarse en un intenso campo de gravitación, el tipo de campo que puede crearse cerca de un agujero negro de un cierto tamaño; esto no requiere viajar a través del agujero negro en sí, basta con situarse en su campo gravitatorio y contemplar desde allí cómo el universo sigue su marcha (Matsuno, 1998). Ambos recursos

son formas de viajar por el tiempo; llevan al intrépido astronauta hasta el futuro “más aprisa” que en circunstancias normales. Pero si al astronauta no le gusta lo que encuentra allí, no hay camino de regreso. Es posible que el tiempo no sea un arroyo de curso continuo, pero incluso dentro de la estructura de la ciencia moderna suele ser considerado como una calle de una sola dirección (Sejdić et al, 2009). Puede que marchar más aprisa hacia adelante resulte posible, pero no lo es dar media vuelta y nadar hacia atrás en el pasado. La razón de que tales posibilidades queden descartadas radica en la existencia de ciertas paradojas, y la mejor manera de hacerse una idea acerca de paradojas y posibilidades en este terreno será recurrir a las novelas de ciencia-ficción (Asimov, 1920, 1987).

La clave de esta discusión es la causalidad, o sea el supuesto, aparentemente lógico, de que los acontecimientos siempre siguen a sus causas en un desfile ordenado. Una bala sale del cañón del arma después de que un tirador aprieta el gatillo, y el resultado del partido de fútbol sólo se conoce una vez finaliza, o sea que no podemos poner un 1, una X o un 2 en la en una apuesta con la seguridad de acertar. La implicación lógica es: si el viaje a través del tiempo constituye una violación de la causalidad, forzosamente ha de ser imposible (Sun et al, 2008).

Sin embargo, los escritores de ciencia-ficción se revelan capaces de responder a estas paradojas, y su versión del debate alumbra dos posibilidades: las ramas y los bucles en el tiempo. El ejemplo más flagrante de paradoja en cuanto a un viaje en el tiempo - sea filosofía o ficción científica-, sería la del viajero que retrocede en el tiempo y, voluntaria o involuntariamente, impide el nacimiento de una persona que hubiera sido su abuelo. En este caso, este viajero nunca hubiera podido nacer; por eso debe darse el caso de que el abuelo naciera después de todo, a fin de que nuestro héroe pudiera retroceder en el tiempo a impedir el nacimiento de su antepasado... y así sucesivamente.

La existencia de la paradoja es considerada por muchos como prueba de que el viaje a través del tiempo es imposible. Tal como antes se decía que la naturaleza “odia el vacío”, ahora podríamos decir que “odia el viaje en el tiempo” (Schwanen and Dijst,

2002). Sin embargo, resulta muy fácil imaginar resoluciones para esta simple paradoja: el abuelo nace y no nace a la vez, y el nieto existe y no existe al mismo tiempo. La respuesta más sencilla consistirá en decir que los efectos de las acciones del viajero del tiempo ya están enraizados en la trama de tiempo y espacio, y que su visita no puede cambiar el presente porque esta visita ya forma parte de la historia.

Moorcock desarrolló el tema en su novela *Behold the man* (1969), en la cual el viajero es un hombre aquejado de fanatismo religioso que retrocede en el tiempo para presenciar la crucifixión de Jesús. Su máquina del tiempo queda destruida sin posibilidad de reparación, y por otra parte, no encuentra rastros del Jesús descrito en la biblia. Inexorablemente, al tratar de hablar a la gente del Jesús que él vino a ver, se ve arrastrado a representar el papel del mismo, reproduciendo los acontecimientos que recuerda a partir de la biblia, hasta llegar incluso a la crucifixión. Así se crea la historia y se escriben las historias de la biblia, asegurando que al cabo de 2000 años un cierto individuo viajará hacia atrás en el tiempo para cerrar el bucle, como la serpiente que engulle su propia cola.

Esta resolución de la paradoja concibe el tiempo como si éste estuviera asentado en una trama más amplia, y en la que nosotros seríamos simples actores que representáramos unos papeles predeterminados en el escenario del espacio-tiempo. La otra resolución de la paradoja, en cambio, contempla un espacio-tiempo infinitamente variable, con cada uno de nosotros dueño de su propio destino hasta un punto apenas imaginable (Quiroga and Bullock, 1998). También en este aspecto es válido un ejemplo extraído de la ciencia-ficción. En *Lest darkness fall*, Sprague de Camp (1949) presenta como protagonista a un hombre del siglo XX, que es misteriosamente depositado en la Italia del siglo VI y que se enfrenta sólo con sus propios medios a aquella era de oscuridad. La historia es descabellada, pero la explicación del autor consiste en que, al “bajar por el tronco” del árbol de la historia, el protagonista crea una nueva rama, una nueva línea histórica, que brota como resultado de introducir ideas del siglo XX en un entorno del siglo VI. Con tan sólo unas leves

modificaciones, esta idea se convierte en el respetable concepto filosófico de los universos paralelos (Merali, 2007), es decir, mundos que coexisten en cierto modo paralelamente, con un número infinito de variaciones sobre el tema de la historia. Si un viajero retrocede en el tiempo y mata a su abuelo -propone esta argumentación- también se habrá situado “lateralmente” en una realidad paralela, donde el abuelo fue muerto por un intruso de otro lugar -y de otro tiempo. Por tanto, cuando este viajero retorna a su tiempo y lugar y encuentra que allí la historia no ha cambiado, no debe sorprenderse, ya que en su línea de tiempo nada sucedió que haya podido alterar la historia.

Llevada a su conclusión lógica, esta visión de la realidad argumenta que disponemos de un control completo sobre nuestro destino, porque todo es literalmente posible, y sucede en algún lugar de la infinita gama de universos paralelos. Cuanto debemos hacer es encontrar un camino para viajar a través de la barrera del tiempo, pero no hacia adelante o atrás, sino lateralmente con respecto al tiempo. Desde luego, esto sólo es fácil decirlo y otra cosa es hacerlo, pero subsiste la intrigante posibilidad de que sueños, visiones y otros fenómenos tengan una explicación plausible -tal vez mejor- en términos temporales.

Una de las más impresionantes teorías filosóficas lo considera todo como existente en la mente (Littlewood, 2004). Fred Hoyle, eminente astrónomo, interesado además por la especulación y la ciencia-ficción, mencionó esta idea en su libro *Ten faces of the Universe* (1977), que ya había aprovechado en su novela de ciencia-ficción *October the first is too late* (1966). “*El tiempo visto como un río de curso continuo constituye una ilusión grotesca y absurda. De hecho, todos y cada uno de los acontecimientos que -imaginamos- forman la corriente del tiempo -así como todos los demás acontecimientos imaginables- están colocados en una especie de infinito casillero*”. Hoyle continúa:

*...supongamos que en cada uno de esos acontecimientos -o estados- está incluida la propia conciencia de uno. Apenas se elija un estado particular, apenas un oficinista imaginario eche un vistazo al contenido de una casilla particular, uno tendrá la*

*conciencia subjetiva de un momento particular, o de lo que denominamos presente. Pensemos en un oficinista que mire primero el contenido de una casilla, y después el contenido de otra. Supongamos que no hace esto en secuencia, sino en cualquier orden, ¿cuál es el efecto de la propia conciencia subjetiva? En lo que se refiere al oficinista, va de un lado para otro por la oficina, entre los casilleros. Por tanto, nuestra conciencia salta también con él. Pero lo extraño es que nuestra impresión subjetiva es muy diferente. Uno tiene la impresión de tiempo como si fuese un arroyo de curso continuo.*

En realidad, todos podemos estar experimentando el viaje en el tiempo, así como el viaje entre diferentes universos posibles, pero debido a que una de las reglas del juego es la de que el oficinista sólo puede mirar una casilla cada vez, nunca llegamos a saberlo. Ciertas o no, teorías como ésta demuestran que en el tiempo se encierra más de lo que podamos suponer. Filosóficamente hablando, no hay duda de que existen explicaciones para las paradojas del viaje a través del tiempo, y si se encuentra el modo de sortear las paradojas, no hay razón lógica por la que no sea posible construir un día una máquina del tiempo física.

## **EL VIAJE EN EL TIEMPO**

Las discusiones filosóficas en torno a la paradoja del viajar en el tiempo demuestran claramente una cosa: es posible imaginarse distintas formas de constitución del universo en las que las leyes de la física permitan este tipo de viajes. Esto deja planteada la gran cuestión ¿es realmente posible viajar a través del tiempo?

En la década de los 70 del siglo XX, la existencia de los agujeros negros y lo que ello implicaba para los viajes a través del tiempo causó un gran impacto. Un agujero negro es una región de espacio en la que se concentra suficiente materia para que la gravedad practique un “agujero” en el espacio-tiempo, una región de la que ninguna energía -incluida la energía lumínica- puede escapar (Hawking, 1996). Este concepto de los agujeros negros constituye un aspecto absolutamente respetable de la astrofísica moderna, y según los científicos es posible que explique un gran número de fenómenos extraños. La energía liberada de los agujeros negros podría, por ejemplo, ser la

explicación de la formación de rayos X de alta energía que se observan en La Vía Láctea y, a una escala mucho mayor, de las fuentes de energía que parecen estar situadas en el centro de ciertas galaxias (Alexander, 2005). Un agujero negro es un agujero en el espacio, pero, tal como enseñó Einstein, el espacio y el tiempo son inseparables, son dos facetas del espacio-tiempo (Einstein, 1936). Parece razonable suponer que un agujero en el espacio ha de ser también un agujero en el tiempo; si fuera posible viajar a través de un agujero negro apareceríamos en algún otro lugar, quizás incluso en otro universo y en otro tiempo. Desgraciadamente, estas especulaciones no son más que ciencia-ficción, ya que al viajar a través de un agujero negro quedaríamos totalmente aplastados y desgarrados al mismo tiempo (Ding-xiong, 1991). Sin embargo, con todo, el descubrimiento de los agujeros negros llevó a toda una nueva generación de científicos a reflexionar acerca de la posibilidad de viajar a través del tiempo.

Según las modernas teorías del espacio-tiempo -que perfila la teoría general de la relatividad de Einstein- la clave de los viajes a través del tiempo no son los agujeros negros, sino las llamadas singularidades. Una singularidad es un lugar donde las leyes de la física, tal como las conocemos, se desbaratan -por ejemplo, en el corazón de un agujero negro o en el Big Bang- y donde el espacio y el tiempo dejan de existir. En un agujero negro la singularidad queda “velada” por un horizonte del suceso del que no puede escapar ninguna información (Hur et al, 2008).

Algunos científicos partidarios de la teoría de la “censura cósmica” (Davies, 1981), (Joshi and Saraykar, 1987) creen que esto ocurre siempre, es decir, que la naturaleza oculta siempre sus singularidades. No obstante, otros creen que las singularidades a veces son visibles; Stephen Hawkins (1996) mostró que los agujeros negros se “evaporan” gradualmente y dejan a la vista las singularidades -singularidades desnudas, es decir, manifiestas- que albergan en su interior; algunos científicos creen que cuando la materia gira demasiado rápido como para convertirse en un agujero negro normal, resulta visible desde ciertos ángulos, es decir, no forma un horizonte del suceso (Sorkin, 2005), (Zhang, 2008).

Ahora bien, si en el universo existe una singularidad desnuda, entonces, según las leyes de la física, uno puede viajar describiendo órbitas “alrededor” de la singularidad, órbitas que le trasladan primero al futuro o al pasado, y después de nuevo al punto de partida, al lugar y tiempo de donde se partió. Estas órbitas se denominan líneas temporales cerradas y, naturalmente, implican la posibilidad de viajar a través del tiempo con todos los problemas filosóficos que ello comporta (Sagan, 1975).

No es de extrañar que ello haya sido motivo de disensión entre los científicos. Según una escuela de pensamiento las singularidades desnudas no pueden existir, ya que implican la existencia de líneas temporales cerradas (Joshi and Joshi, 1987), (Battersby, 2007). Otro grupo de pensadores señala que el Big Bang pudo ser un estallido de una singularidad, como un agujero negro pero al revés (Carvalho et al, 2006); de modo que no sólo existió por lo menos una singularidad desnuda, sino que fue la causa del nacimiento de nuestro universo. Y si esto es así, es indudable que desde entonces ejerce dentro del mismo una influencia sobre el futuro del espacio-tiempo, ya que las líneas temporales cerradas, relacionadas con ella, permanecen fijas para siempre. Si fuéramos capaces de encontrar esta singularidad desnuda tendríamos una máquina del tiempo ya fabricada, con la cual podríamos visitar cualquier tiempo desde el comienzo del universo.

Pero lo más asombroso de todo son las ideas de un teórico americano, según el cual no sólo existen las líneas temporales cerradas, sino que algún día la humanidad será capaz de crearlas. Basándose en la física y la ingeniería del siglo XX, Frank Tipler (1981, 1984, 1985) esbozó unos proyectos que podrán ser utilizados por una futura civilización como anteproyecto de la construcción de una máquina del tiempo.

### **La máquina del cosmos**

El trabajo de Tipler posee un alto nivel matemático y no siempre resulta fácil de comprender para los no especialistas. Pero cuando le preguntaron si es posible viajar a través del tiempo, respondió: *“En mi opinión, existe verdaderamente una posibilidad teórica de violar la causalidad en*

*el contexto de la teoría de la relatividad. Recuérdese que en términos científicos la violación de la causalidad implica viajar a través del tiempo*". La complicada parte matemática de su trabajo consiste en demostrar que viajar a través del tiempo entra dentro de las leyes de la teoría de la relatividad. El Universo realmente "permite" viajar a través del tiempo, y no se conoce ninguna razón por la que las líneas temporales cerradas no puedan existir en el mundo real. La siguiente cuestión de la que se ocupó Tipler fue ver si las condiciones necesarias para viajar a través del tiempo podrían darse naturalmente en el universo (1986). Finalmente consideró la posibilidad de construir una máquina del tiempo artificial.

Descubrió que el factor fundamental es la existencia -o creación- de un objeto macizo y rotatorio. Una gran cantidad de materia concentrada en un lugar distorsiona la estructura del espacio-tiempo debido a la gravitación. Si además el objeto describe un movimiento rotatorio, entonces el espacio-tiempo aún se modifica más, ya que la firme fuerza de gravitación intenta arrastrar la estructura del espacio-tiempo junto con la masa rotatoria.

Debido a ciertas combinaciones de masa, densidad y velocidad angular, puede formarse una singularidad sin que se cree un horizonte del suceso. La región de espacio-tiempo distorsionado que se encuentra alrededor de esta singularidad desnuda es denominada, con bastante lógica, la región del "campo potente", refiriéndose al campo de gravitación (1992). Tipler demostró que un viajero de una región de campo débil -la Tierra, por ejemplo- podría ir hasta una región de campo fuerte cercana a uno de estos objetos rotatorios, trasladarse en la dirección del tiempo negativo y después volver a casa a la región del campo débil, sin violar ninguna ley física conocida. Iría hacia atrás y se encontraría en el pasado, podría volver a la Tierra si quisiera antes del momento en que la abandonó. Hoy en día la construcción de una máquina del tiempo es imposible. Pero puede que no siempre sea así.

En principio, puede construirse una máquina del tiempo válida cogiendo un pedazo suficientemente pesado y compacto de

materia -cualquier materia- y haciéndolo girar suficientemente rápido. Para ser exactos, el material rotante debería tener la forma de un cilindro infinitamente largo, pero Tipler cree que un cilindro de una longitud 10 veces superior a su diámetro tendría probablemente las proporciones adecuadas para que la cosa funcionase. ¿Cuánta masa se necesita? los astrónomos saben que en el último estadio de condensación antes de llegar al agujero negro existen en el universo objetos llamados estrellas de neutrones (Jönsson et al, 2005). Una de estas estrellas puede contener tanta materia como el Sol, condensada en un volumen que no supera los 24 km de diámetro; el nombre "estrella de neutrones" nos dice que la densidad de una de estas estrellas es aproximadamente la misma que la densidad de los neutrones que se encuentran en el corazón de un átomo (Hartley, 2002).

Una estrella de neutrones es, en efecto, toda una estrella comprimida a la densidad de un núcleo atómico. Conservando la masa del Sol como guía aproximada, nuestra máquina del tiempo podría estar hecha de una estrella de neutrones cortada en forma de cilindro de 10 km de diámetro y 100 km de longitud, que diera dos giros sobre sí misma cada milésima de segundo, moviéndose el borde del cilindro a la mitad de la velocidad de la luz.

Parece fantástico. Pero a finales de los años 60 en el siglo XX, los astrónomos descubrieron en nuestra Galaxia fuentes de radiación de impulso rápido. Estas fuentes, llamadas púlsares, se explican ahora como estrellas de neutrones que giran rápidamente. Algunas de ellas giran sobre sí mismas una vez cada muy pocas milésimas de segundo; muchas tienen más o menos la misma masa que el Sol. Naturalmente, la rotación no es suficientemente rápida como para convertirlas en máquinas del tiempo, y estas estrellas de neutrones rotatorias no tienen la forma de un cilindro alargado. Pero la descripción de un púlsar es tentadoramente cercana a la descripción de una máquina del tiempo.

Quizás éste sea el camino por el que alguna futura civilización pueda comenzar a construir una máquina del tiempo. Primeramente habrá de escoger un púlsar apropiado; darle la forma de un cilindro

alargado; aumentar su velocidad de rotación en lo necesario... y ya puede abrirse el negocio. Quedan sólo dos pequeños obstáculos. En primer lugar, una máquina del tiempo de este tipo funciona sólo a partir del momento de su creación. Una vez construida, puede utilizarse para viajar en el tiempo hacia delante y volver al punto de partida, pero nunca puede volverse a una época anterior al nacimiento de la singularidad desnuda.

En segundo lugar, dice Tipler (1992), para viajar a través del tiempo se necesitarán grandes cantidades de energía. Si imaginamos mandar un objeto físico en una línea temporal cerrada en forma de rizo, de modo que vaya a parar al lado de sí mismo, entonces en realidad estamos creando un duplicado del objeto original. Las ecuaciones de Einstein expresan que la masa es equivalente a la energía, según la conocida ecuación de  $E = mc^2$ . Para crear una cantidad  $m$  de masa se necesita  $mc^2$  energía, y  $c$  equivale a la velocidad de la luz. De modo que Tipler cree que probablemente una máquina del tiempo sólo podría utilizarse en la práctica para mandar mensajes, y no cuerpos materiales, a través del tiempo. Por otro lado, una civilización capaz de transformar estrellas de neutrones en máquinas del tiempo, puede que tenga suficiente energía para derrocharla también en el transporte de objetos físicos a través del tiempo.

Quedan los problemas de la violación de la causalidad. En una de sus narraciones de ciencia ficción, Larry Niven (1974) describe una civilización futura que intenta llevar el trabajo de Tipler a su lógica conclusión y construir una máquina del tiempo. Cada vez que están a punto de culminar su trabajo, alguna catástrofe se abate sobre los constructores. En el momento culminante, otra raza descubre una máquina del tiempo a medio construir y decide terminar el trabajo; en el momento en que el líder de la civilización decide continuar con el proyecto, el sol del sistema en que se halla su planeta estalla convirtiéndose en nova y destruye la civilización.

La terrible historia de Niven viene a ilustrar la argumentación según la cual la violación de la causalidad es algo que la naturaleza aborrece. Sin embargo, la falta de lógica que

presenta esta historia puede constituir una especie de truco, por parte de Niven, para hacerle decir a los lectores “pero esto es ridículo”, y dejarlos con la única alternativa posible: que después de todo la violación de la causalidad sí es posible. Tipler, prudentemente afirma sólo que “*estamos muy lejos de resolver completamente la cuestión de la violación de la causalidad*”. Pero esto, viniendo de un respetable físico matemático con un conocimiento profundo de las teorías de Einstein, resulta enormemente prometedor.

Lo que sí es seguro es que si alguna vez alguien afirma llanamente que “viajar en el tiempo es imposible” no tiene idea de lo que está diciendo. La respuesta más honrada que la ciencia moderna puede dar a la pregunta “¿es posible viajar en el tiempo?”, es un esperanzador “No lo sabemos”.

#### **LA CUARTA DIMENSIÓN**

Un número sorprendentemente elevado de pruebas confirman la idea de que en ciertas ocasiones puede tener lugar un acceso directo al pasado (Harrington and Bell, 1963). La palabra “retrocognición” se relaciona a menudo con situaciones en las que una persona experimenta un hecho o una escena pasados. Éstos pueden haber ocurrido recientemente o muchos siglos atrás. Puede consistir únicamente en imágenes o únicamente en peso en ambas cosas a la vez.

Para muchos resulta sorprendente descubrir que conseguir una prueba irrefutable de un caso de retrocognición, es tanto o más difícil que conseguir probar claramente un caso de precognición. Las dificultades comienzan cuando alguien da cuenta de un caso de retrocognición y hay que comenzar a buscar pruebas de que la persona que sostiene haber vivido una escena del pasado realmente la vivió, y que no está echando mano de libros de historia, periódicos, documentos, relatos de otras personas, memorias, etc. Puede que la persona sea sincera al afirmar no haber vivido anteriormente esta escena. Pero muchos de los acontecimientos de nuestra vida pasada dan lugar a presuntos recuerdos que se refugian en el subconsciente, y que no podemos hacer aflorar a voluntad. Si el mecanismo de alucinación que constituye una parte de nuestro proceso mental se sirve de estos recuerdos, y por alguna razón

reconstruye una escena relevante, es posible que, sin darnos cuenta, estemos en realidad teatralizando nuestras propias experiencias (Millán y García, 2000). Obviamente, la posibilidad de ver el pasado implica que de alguna manera el pasado sigue existiendo, y que puede accederse a él. A pesar de todas las dificultades que comporta, esta idea no plantea los problemas que plantea el concepto de premonición. Mientras que la existencia de una máquina para ver el pasado entra en lo imaginable, una máquina para ver el futuro es conceptualmente imposible. El sentido común nos dice que el pasado, pasado está y no puede cambiarse, aunque lo observemos de nuevo; en cambio, el futuro aún ha de ser, y si no nos gusta lo que creemos que va a ocurrir, somos libres de cambiarlo mediante un acto de voluntad; en caso contrario, el libre albedrío no existe.

¿Existen precogniciones y retrocogniciones? y, en caso afirmativo, ¿aportan pistas importantes sobre la naturaleza del tiempo? Muchos filósofos y psicólogos toman muy en serio esta evidencia, y aceptan que nuestras ideas “de sentido común” sobre el tiempo, pueden ser falsas y desorientadoras, del mismo modo que físicos teóricos de finales del siglo XIX comprendieron que sus ideas sobre espacio y tiempo eran erróneas, especialmente en los campos subatómico y astronómico (Hawking, 1996).

Hermann Minkowski sugirió que el universo podría ser descrito en términos de espacio-tiempo tetradimensional (1908). En realidad, lo que hizo fue presentar lo que hoy se denomina el universo en bloque, es decir, un universo estático sin más pasado, presente o futuro que el que introduce el observador. La conciencia del observador viaja a lo largo de la línea de mundo a través del universo en bloque, como el haz luminoso de un reflector moviéndose por un campo oscuro. Los fragmentos que la luz capta ya son considerados por el observador como pasado, y los que todavía han de aparecer bajo el haz luminoso, reciben la denominación de futuro.

El psicólogo norteamericano William James introdujo el concepto del “presente aparente” -*specious present*-, fragmento pequeño pero finito de espacio-tiempo que contiene todo lo que el observador percibe conscientemente en aquel momento (1890). Saltmarsh modificó esta teoría en un intento

destinado a explicar la precognición y la retrocognición (1938); suponía que el presente aparente de la mente consciente era más pequeño que el del subconsciente. Por tanto, resulta perfectamente posible que un acontecimiento que se encuentra en el futuro de la mente consciente, pueda radicar en el presente aparente del subconsciente. Si este acontecimiento fuese desagradable o potencialmente peligroso para la persona en cuestión, el subconsciente podría advertir a la mente consciente presentándole una premonición en forma de un sueño. Si las condiciones son las apropiadas, la premonición puede aparecer incluso en forma de visión, mientras uno está despierto. Pero la mayoría se reciben en un estado mental generalmente relajado y receptivo - duermela.

No obstante, a Saltmarsh no le agradaban algunas de las implicaciones morales de su teoría. Si el futuro es simplemente una colección de acontecimientos que constituyen el estático universo en bloque, y si los hechos que constituyen la vida de una persona están simplemente ordenados en línea dentro de este universo, para que vayan sucediéndose en un orden determinado, no podría existir la libre voluntad. A la luz de esta objeción, modificó su teoría suponiendo que, en cierto modo, el futuro es elástico y modificable, y que sólo cuando se experimenta un hecho o éste se convierte en hecho ya pasado, se fija de tal manera que posteriormente ya no pueda ser modificado. Sin embargo, es posible construir una teoría que explique cómo, incluso si ha tenido lugar una premonición de un hecho futuro, esto no significa necesariamente que este hecho en sí sea inevitable (Dossey, 2008).

Vamos a suponer que un haz de luz en el universo en bloque, que contiene todo lo que es percibido conscientemente por la persona en aquel momento, está rodeado por un anillo semiluminoso que representa el subconsciente. Dentro de este anillo están todos los acontecimientos percibidos por el subconsciente de la persona. Veamos un ejemplo en concreto. Sea la línea de mundo la de una joven que tiene programado viajar en el Titanic en abril de 1912. Compra su pasaje, hace las maletas, las hace meter en la bodega del trasatlántico, y se dispone a embarcar. Pero en aquel instante el acontecimiento del hundimiento del

trasatlántico es iluminado por el anillo de su subconsciente -el hundimiento del Titanic se encuentra todavía en su futuro, hablando en términos de sentido común. De algún modo, una representación simbólica de las terribles escenas percibidas por su subconsciente, consigue cruzar el umbral entre subconsciente y consciente, y la joven experimenta una premonición de su propia muerte.

Por consiguiente, cambia de idea, con ello cambia su línea de mundo a través del campo oscuro del Universo, y con ello evita morir a bordo del trasatlántico. Y unos días más allá en el futuro, lee en los periódicos el hundimiento del buque. El punto a señalar es que los dos acontecimientos -la muerte de la joven en el desastre del Titanic, y su cambio de idea y consiguiente supervivencia, son igualmente reales en un sentido potencial, dado que ambos son acontecimientos del campo oscuro del universo; la única diferencia consiste en que el haz luminoso de la conciencia de la joven iluminó uno solo de los acontecimientos.

Otra consecuencia de esta teoría es que, puesto que el campo oscuro del universo contiene todos los acontecimientos posibles y por tanto -presumiblemente- todas las líneas del mundo, ambas ramas de la línea de mundo de la joven deben existir, por lo que debemos suponer que hay muchas e innumerables ramas y ramificaciones; la decisión que se toma en cualquier momento, decide qué rama del árbol de las líneas de mundo recorrerá el haz luminoso del consciente y del subconsciente. Esto recuerda el concepto del físico Hugh Everett, que hablaba de un universo de múltiples ramificaciones en el que se realizan todas las posibilidades, pero sólo se observa en una

rama (1957, 1973, 1998). Las experiencias que constituyen la vida de una persona son, en esta teoría, muy parecidas a las del hombre que entra por la noche en una galería de arte, donde su única iluminación consiste en una linterna con la que enfoca los cuadros del pasillo a medida que avanza por él. Ve escenas de su primera infancia y de su adolescencia, y después llega en la oscuridad a una encrucijada. Puede ir hacia la derecha o hacia la izquierda. Opta por girar a la izquierda y sigue iluminando con su linterna los cuadros colgados en la pared del pasillo de aquel lado. Se ve en esos cuadros como un joven que realiza diversas actividades, que va a diferentes lugares, que se busca varias amistades, hasta convertirse en un hombre. Nunca ve los cuadros de lo que hubiera sido su vida, de haber tomado la decisión de seguir por el pasillo de la derecha, en vez de hacerlo por el de la izquierda. No ve, por ejemplo, que hubiera muerto en un accidente de auto a los veintitrés años.

Existen otras implicaciones interesantes en esta teoría del tiempo y del universo. Un ser humano puede ser considerado como la suma de un campo consciente, un campo subconsciente y un cuerpo. El cuerpo está incrustado en el universo en bloque. Lo que llamamos nuestro cuerpo es tan sólo un fragmento instantáneo de una entidad más grande y más larga, la "envoltura corporal", es decir, la línea de mundo que recorre el haz luminoso de la conciencia. Parece razonable considerar a una persona, viva y en estado consciente, como el equivalente del campo consciente más el campo subconsciente, más la envoltura corporal. De ser así, ¿equivale una persona inconsciente o que está soñando a un campo subconsciente más la envoltura corporal?

## REFERENCIAS

1. Alexander, T. (2005). Stellar processes near the massive black hole in the Galactic center. *Physics Reports*, Vol. 419, No. 2-3, pp. 65-142.
2. Amir, I. and Newhouse V. L. (1983). Time dilation and inversion in pulsed Doppler systems. *Bioengineering and Science Institute*, Vol. 5, No. 2, pp. 176-182.
3. Asimov, I. (1920). *The Measure of the Universe*. USA: Harper & Row. New York: Harper & Row.
4. Asimov, I. (1987). *Beginnings: The Story of Origins - of Mankind, Life, the Earth, the Universe*. USA: Walker and Company.



5. Battersby, S. (2007). Is a 'naked singularity' lurking in our galaxy? *Physical Review D*, Vol. 76, No. 6, pp. 24-30.
6. Carvalho, F. C., Alcaniz J. S., Lima J. A. S. and Silva R. (2006). Scalar Field - Dominated Cosmology with a transient Acceleration Phase. *Physical Review Letters*, Vol. 97, No. 8, pp. 1-4.
7. Davies, P. C. W. (1981). Gauge theories, black hole evaporation and cosmic censorship. *Physics Letters B*, Vol. 101, No. 6, pp. 399-400.
8. Ding-xiong, W. (1991). Can black-hole entropy be quantized? *Chinese Astronomy and Astrophysics*, Vol. 15, No. 2, pp. 164-168.
9. Dossey, L. (2008). Premonitions. *EXPLORE: The Journal of Science and Healing*, Vol. 4, No. 2, pp. 83-90.
10. Einstein, A. (1936). Physik und realität. *Journal of the Franklin Institute*, Vol. 221, No. 3, pp. 313-347.
11. Einstein, A. (2007-1). *Relativity: The Special and General Theory*. Germany: Bibliobazaar.
12. Einstein, A. (2007-2). *World As I See It*. Berlin: Editorial Benei Noaj.
13. Einstein, A. (2008). *Principle of Relativity*. London: Bnpublishing.Com.
14. Everett, H. (1957). Relative State Formulation of quantum mechanics. *Review of Modern Physics*, No. 29, pp. 454-462.
15. Everett, H. (1973). *The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics*. Princeton: Princeton University Press.
16. Everett, H. (1998). *The Theory of the Universal Wave Function*. USA: De Witt and N. Graham.
17. Gilliland, A.R., Hofeld J. and Eckstrand G. (1946). Studies in time perception. *Psychological Bulletin*, Vol. 43, No. 2, pp. 162-176.
18. Greene, B. (2006). *El tejido del cosmos: espacio, tiempo y la textura de la realidad*.
19. Harrington, T. and Bell C. (1963). *The Riddle of Time*. New York: Viking Press Inc.
20. Hartley, B. M. (2002). Exact travel time calculations for simple three-dimensional Earth models in seismic exploration using computer algebra. *Computers & Geosciences*, Vol. 28, No. 3, pp. 327-336.
21. Hawking, S. (1996). *A Briefer History of Time*. Barcelona: Planeta.
22. Hoyle, F. (1966). *October the first is too late*. Sidney: Baen.
23. Hoyle, F. (1977). *Ten faces of the Universe*. San Francisco: W. H. Freeman.
24. Hur, K., Hyun S., Kim H. and Yi S-H. (2008). Two-dimensional black holes in a higher derivative gravity and matrix model. *Nuclear Physics B*, Vol. 794, No. 1-2, pp. 28-45.
25. James, W. (1890). *The Principle of Psychology*. New York: Henry Holt.
26. Jönsson, A., Wall J. and Broman G. (2005). A virtual machine concept for real-time simulation of machine tool dynamics. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Vol. 45, No. 7-8, pp. 795-801.
27. Joshi, P. S. and Saraykar R. V. (1987). Cosmic censorship and topology change in general relativity. *Physics Letters A*, Vol. 120, No. 3, pp. 111-114.
28. Joshi, S. S. and Joshi P. S. (1987). Quantum effects near the singularity in a general cosmological scenario. II *Physics Letters A*, Vol. 125, No. 4, pp. 181-183.
29. Kenny, P. (2006). Time dilation in special relativity: an alternative derivation. *Physics education*, Vol. 41, No. 4, pp. 334-336.
30. Littlewood, R. (2004). From Elsewhere: Prophetic Visions and Dreams Among the People of the Earth. *Dreaming*, Vol. 14, No. 2-3, pp. 94-106.
31. Marco Aurelio Antonio Augusto. (170-180 D.C.). *Meditaciones*.
32. Matsuno, K. (1998). Dynamics of time and information in dynamic time. *Biosystems*, Vol. 46, No. 1-2, pp. 57-71.
33. Mensky, M. B. (1990). Self-measurement of the quantum universe leads to emergence of time. *Physics Letters A*, Vol. 146, No. 9, pp. 479-485.
34. Merali, Z. (2007). Parallel universes make quantum sense. *The New Scientist*, Vol. 195, No. 2622, pp. 6-7.
35. Millán, S. y García P. (2000). *Lagunas del tiempo*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

36. Minkowski, H. (1908). "Space and Time" in Hendrik A. Lorentz, Albert Einstein, Hermann Minkowski, and Hermann Weyl, *The Principle of Relativity: A Collection of Original Memoirs on the Special and General Theory of Relativity*. Dover, New York, pp. 75-91.
37. Moorcock, M. (1969). *Behold the man*. New York: Millenium.
38. Niven, L. (1974). *A Hole in Space*. New York: Ballantine Books.
39. Petkov, V. (2006). Chapter 11: Is There an Alternative to the Block Universe View? *Philosophy and Foundations of Physics*, Vol. 1, pp. 207-228.
40. Quiroga, C. A. and Bullock D. (1998). Travel time studies with global positioning and geographic information systems: an integrated methodology. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 6, No. 1-2, pp. 101-127.
41. Sagan, C. (1975), *Other Worlds*. New York: Bantam Books.
42. Saltmarsh, H. F. (1938) *Foreknowledge*. Londo: G. Bell & Sons.
43. Schwanen, T. and Dijst M. (2002). Travel-time ratios for visits to the workplace: the relationship between commuting time and work duration. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 36, No. 7, pp. 573-592.
44. Sejdić, E., Djurović I. and Jiang J. (2009). Time-frequency feature representation using energy concentration: An overview of recent advances. *Digital Signal Processing*, Vol. 19, No. 1, pp. 153-183.
45. Sorkin, R. D. (2005). Ten theses on black hole entropy. *Studies In History and Philosophy of Science*, Vol. 36, No. 2, pp. 291-301.
46. Sprague de Camp, L. (1949). *Lest darkness fall*. Toronto: Galaxy Publishing and Prime Press.
47. Sun, L., Yang J. and Mahmassani H. (2008). Travel time estimation based on piecewise truncated quadratic speed trajectory. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 42, No. 1, pp. 173-186.
48. Tipler, F. J. (1984). Cosmology and the pilot wave interpretation of quantum mechanics. *Physics Letters A*, Vol. 103, No 4, pp. 188-192.
49. Tipler, F. J. (1985). Topology change in Kaluza-Klein and superstring theories. *Physics Letters B*, Vol. 165, No. 1-3, pp. 67-70.
50. Tipler, F. J. (1986). Interpreting the wave function of the universe. *Physics Reports*, Vol. 137, No. 4, pp. 231-275.
51. Tipler, F. J. (1992). The ultimate fate of life in universes which undergo inflation. *Physics Letters B*, Vol. 286, No. 1-2, pp. 36-43.
52. Tipler, F. J. and Barrow J. D. (1981). Generic singularity studies revisited. *Physics Letters A*, Vol. 82, No. 9, pp. 441-445.
53. von Hoerner, S. and Schaifers K. (1960). *Meyers Handbuch uber das Weltall*. Berlin: Wissen & Technik.
54. Zerga, J. E. (1944). Motion and time study: a résumé and bibliography. *Journal of Applied Psychology*, Vol. 28, No. 6, pp. 477-500.
55. Zhang, J. (2008). Black hole quantum tunnelling and black hole entropy correction. *Physics Letters B*, Vol. 668, No. 5, pp. 353-356.

Ω

## **ANALYTICAL ENGINEERING PEACEFUL COEXISTENCE OF NATURE, THE ATOM AND THE MAN**

### **ABSTRACT**

*The accelerating scientific and technological revolution transforming science into a direct productive force, it becomes reality that not long ago belonged to the world of fantasy. But the vast and increasing human activity is also of negative consequences. We note with alarm and concern a river rushing past, suddenly dried up, that the suburban pine is no longer attractive to urban noise has increased. The man and nature, two words that often jump to the pages of newspapers and books, spoken on radio and television or just in conversations. And it should be noted that until recently the term "ecology" that he only knew a small group of specialists. Preserving nature and they do not reduce but increase their fertility so that not only ourselves but future generations can enjoy its wealth, is one of the most important tasks. A task that can not leave anyone indifferent. This article provides an engineering analysis to the relationship nature, atom and man, in order to clarify and, in some ways to collaborate, to understand that human beings is a necessary symbiosis for the future of humanity.*

**Keyword:** Nuclear energy, atom, radiation, radioactivity, fossil fuels.

## **INGENIERÍA ANALÍTICA A LA CONVIVENCIA PACÍFICA DE LA NATURALEZA, EL ÁTOMO Y EL HOMBRE**

**Roger Siberman Fields**

Centro de Energía Atómica del Sur de Europa  
[rsibermanf@iespana.es](mailto:rsibermanf@iespana.es)

(Artículo de REFLEXIÓN) (Recibido el 28 de julio de 2009. Aceptado el 25 de septiembre de 2009)

### **RESUMEN**

La revolución científico-técnica transforma a la ciencia en una fuerza productiva directa, convierte en realidad lo que no hace mucho pertenecía al mundo de lo fantástico. Pero la inmensa y creciente actividad del hombre reviste también consecuencias negativas. Con alarma e inquietud observamos que un río, antaño caudaloso, se secó de súbito; que el pinar suburbano dejó de ser atractivo, que el ruido urbano se intensifica. El hombre y la naturaleza, dos palabras que saltan con frecuencia a las páginas de diarios y libros, las pronuncian en la radio y la televisión o simplemente en conversaciones. Y hay que señalar que hasta hace poco el término "ecología" lo conocía sólo un reducido grupo de especialistas. Preservar la naturaleza y además no reducir sino elevar su fecundidad a fin de que no sólo nosotros sino también las generaciones venideras puedan disfrutar de sus riquezas, es una de las tareas más importantes. Una tarea que no puede dejar a nadie indiferente. En este artículo se hace un análisis ingenieril a la relación naturaleza, átomo y hombre, con el objeto de esclarecer y, de cierta forma colaborar, para que los seres humanos comprendan que es una simbiosis necesaria para el futuro de la humanidad.

**Palabras clave:** Energía nuclear, átomo, radiación, radiactividad, combustibles fósiles.

### **INTRODUCCIÓN**

No son de ayer ni de hoy las relaciones entre la sociedad y la naturaleza. A lo largo de la historia de la humanidad las gentes, preocupadas en primer término por satisfacer sus necesidades, violaban con bastante frecuencia las leyes elementales de la naturaleza, y ahora es cuando se revelan con mayor agudeza las consecuencias. Actualmente, en los tiempos de la revolución científico-técnica, la potente industria

moderna ejerce una influencia colosal en la naturaleza.

En su actividad productiva los hombres crean y explotan máquinas, edificios, carreteras, empresas, minas y muchas otras obras, sin las cuales es imposible el fomento industrial. Los residuos o desechos producen una degradación de la biosfera. Por ejemplo la producción agraria: en un año, para abonar los campos, se invierten unos cuatro millones de toneladas de

pesticidas; en la tierra se acumulan sustancias perjudiciales para el hombre; se supone que dentro de 50 años la concentración de arsénico en la tierra aumentará 250 veces. Las centrales térmicas causan ingentes daños al medio ambiente: actualmente se arrojan a la atmósfera entre 200 y 250 millones de toneladas de ceniza y unos 60 millones de toneladas de anhídrido sulfuroso (Sweet, 2006); en el año 2000 estos residuos llegaron a 1,5 mil millones de toneladas. Incluso las aguas residuales calientes, evacuadas sin enfriamiento especial de las centrales térmicas, influyen perjudicialmente en la flora y fauna de los ríos. El crecimiento del consumo de electricidad es un proceso objetivo imposible de frenar (Nuclear Energy Agency, 2007 -1). De lo que se trata es de reducir al mínimo los daños.

### **ECOLOGÍA Y ENERGÉTICA: FUERZAS DE ATRACCIÓN Y REPULSIÓN**

Todos los países del planeta deben establecer normas ilimitadas de evacuación de desechos tóxicos a la atmósfera. A la administración de cualquier empresa que las vulnere se le debe imponer multas o llegar al cerramiento por los órganos de inspección sanitaria. Los estados deben invertir ingentes sumas para la construcción de instalaciones protectoras del medio ambiente, crear centros de hidrometeorología que reciban, procesen e informen acerca del estado del aire en las ciudades. En el mundo se estableció que la mitad de los desechos perniciosos en las grandes ciudades, corresponden a instalaciones energéticas y a los transportes automóviles (Bodansky, 2004).

Es el momento de cerrar las salas de calderas que funcionan con carbón o productos derivados del petróleo. Sin embargo, no es nada fácil acabar con esto.

Aún no ha llegado la hora de la tecnología sin residuos, pero a fin de acelerar su llegada para solucionar los problemas latentes relacionados con la protección de la naturaleza, los estados deben aumentar anualmente las asignaciones para lograrlo pronto; implementar esfuerzos para lograr este objetivo, de la misma manera que lo hacen para diseñar e implementar armamento de defensa. Es una cuestión de intereses en la que debe primar en invertir ingentes medios para mantener el equilibrio ecológico y también en los intereses de la

presente y futuras generaciones (Murray, 1990). Estamos obligados a preservar la naturaleza para nuestros nietos, que aprenderán a obtener energía sin gastos ni pérdidas suplementarias. Todos los métodos actuales que se utilizan para obtener electricidad influyen, de un modo u otro, en el medio ambiente; incluso las centrales hidroeléctricas, que a primera vista parecen inocuas. Entre otras cosas, la hidro-energética influye negativamente en el desagüe fluvial, incluso si es regulado artificialmente (Nuclear Energy Agency, 2007 -2). Con frecuencia eso incide de manera negativa en la fauna de los ríos; entorpece el desove de los peces; los pantanos inundan extensiones considerables de sembradíos y masas forestales.

Hoy, según los especialistas, la alternativa más razonable de todas las existentes es fomentar la energía nuclear (Hore-Lacy, 2006). En todo caso, a pesar de las contradicciones y divergencias en la apreciación de la energía nuclear en general, la opinión de la mayoría de los científicos coincide en un punto: las centrales nucleares no son peligrosas para el medio ambiente y para el hombre. A esta conclusión llegaron, a propósito, los participantes en una conferencia organizada por la IAEA -International Atomic Energy Agency- en 1977, en la ciudad austríaca de Salzburgo (IAEA, 2007).

De hecho, la experiencia acumulada en lo que concierne a centrales nucleares prueba que, desde el punto de vista ecológico, superan considerablemente a las centrales térmicas. Y este no es ni mucho menos el único argumento a favor de la energía átomo-eléctrica; las centrales nucleares son, más que nada, empresas industriales que, al evaluarlas, hay que tener en cuenta factores tales como rentabilidad, amortización, etc. (Nuclear Energy Agency, 2007 -2) ¿Qué dicen a ese respecto los economistas?

### **ENCONTRAR SALIDA A LA CRISIS ENERGÉTICA**

El desarrollo de la civilización se ha ligado siempre a la búsqueda de nuevas fuentes de energía. Y a pesar de que de las fogatas del hombre primitivo nos separan muchos milenios, en este punto no hemos ido muy lejos. La humanidad sigue obteniendo por combustión 9 de 10 partes de la energía necesaria; se quema materia prima muy

preciosa como petróleo, carbón o gas para obtener infinidad de cosas necesarias y útiles (Shimizu and Fujii-e, 1995). Además, el coeficiente de rendimiento de las máquinas caloríficas -bien sea un motor de combustión interna o una instalación de fuerza de vapor- supone poco más de un tercio, así que la energía obtenida se utiliza sólo de manera parcial. Cada año en diversos países se ponen en funcionamiento centrales eléctricas de distintos tipos, la producción de electricidad en el mundo crece sin cesar y se duplica por término medio cada diez años. No cabe la menor duda de que en un futuro previsible, empezarán a escasear los recursos energéticos naturales conocidos y utilizados con ayuda de métodos técnicos tradicionales. Dicho con otras palabras, lo que la naturaleza creó a lo largo de épocas geológicas, puede consumirse en el curso de varios decenios (Tashimo and Matsui, 2008).

La gente quiere saber con claridad cuánta energía necesitará en un futuro más o menos próximo, por ejemplo dentro de 100 años. ¿Durarán mucho los métodos actuales de producción de energía para satisfacer las necesidades? ¿Romperá el equilibrio ecológico el fomento de la energía? Al respecto se expresan opiniones muy contradictorias y poco consecuentes (van Leeuwen, 1985). Con frecuencia se da por realidad lo imaginado, por ejemplo cuando se propone suplantar inmediatamente los tipos de combustible químico por nuevas fuentes recuperables, como la energía de las mareas, la del sol o la geotermal.

Son distintos los criterios acerca de las reservas de combustible existentes en nuestro planeta. Con bastante frecuencia no concuerdan unos con otros, y ya no es de extrañar que sea difícil evaluarlas. Además, todo lo que la naturaleza creó no puede equipararse a lo que por ahora es accesible para extraer con medios modernos. Por ejemplo, al extraer el petróleo, una parte considerable queda en el subsuelo, lo mismo ocurre con el carbón y el gas. Según datos estadísticos presentados en 1974 en la IX Conferencia Energética Mundial, casi el 88% de las reservas potenciales totales de combustibles útiles son sólidas, generalmente carbón (Nuclear Energy Agency, 2007 -3). Las reservas de éste se calculan aproximadamente en unos 112 billones de toneladas de

combustible convencional. Con esta cantidad se podría llenar un cubo gigantesco, cuyo lado sería dos veces mayor que el pico más alto del mundo, el Chomolungma o Everest. Digamos que esto no subraya tanto la ingente cantidad de reservas de hulla como su limitación.

Las reservas de combustibles líquidos - generalmente petróleo- se calculan en 740 mil millones de toneladas y las de gas aproximadamente en 630 (van der Pligt et al, 1984). Como regla, los especialistas en sus pronósticos se refieren a las reservas, que hoy se justifican económicamente, para extraerlas y utilizarlas. Son mucho menos que las potenciales: baste decir que en total, se estiman en unos 3,8 mil millones de toneladas de combustible convencional. ¿Durarán mucho estos recursos? No es fácil responder a esta cuestión. Si consideramos los resultados de investigaciones realizadas por varios autores, podemos determinar que al año 2020 el hombre consumirá 2,5 veces más energía que en 1975, y que en el 2050 el índice será de 8,3 veces (Forsberg, 2005). Esto significa que para mediados del siglo XXI se consumirán 3/4 partes de los recursos posibles. Estos pronósticos, un tanto cautos, indican que para el año 2100 el consumo de energía superará los recursos conocidos hoy de combustible orgánico (Nuclear Energy Agency, 2007 -2).

¿Cuáles son las vías de desarrollo de la energética mundial? La mayoría de los especialistas proponen concentrar los esfuerzos a elaborar nuevas fuentes de energía ecológicamente más puras y renovables - energía del viento, de las olas, marea, energía térmica del océano y del sol- (Hore-Lacy, 2006). Es verdad que a pesar de que prácticamente son inagotables, en el balance general de la energética mundial juegan por ahora un papel insignificante. Todos los intentos de utilizar en amplia escala dichas fuentes, los frena el bajo coeficiente de rendimiento y el alto costo de los equipos. Por lo que parece, se requerirá mucho tiempo para que estas fuentes puedan cubrir en cierta medida las necesidades energéticas del hombre.

Algunos científicos proponen asignar medios adicionales para fomentar las fuentes tradicionales de energía, en especial el carbón; a esta conclusión llegó un grupo de especialistas americanos, que estudian la

política energética nuclear, en su informe "Energética nuclear: problemas y alternativas" redactado recientemente (Herbst and Hopley, 2007). Es difícil aprobar semejante afirmación. Las reservas de carbón están repartidas por la tierra muy irregularmente: del 70 al 90% se concentran en sólo 3 países, incluido EE.UU., y a medida que se agotan, habrá que utilizar carbón de baja calidad; además, aumentará la contaminación de la atmósfera con ceniza y dióxido de azufre.

Hay que decir que es prematuro hacer pronósticos pesimistas; la ciencia conoce hoy métodos mucho más eficaces para producir energía. Se trata, en primer lugar, de la energía nuclear que se obtiene mediante reacciones en cadena al fisurar elementos pesados como el uranio y el plutonio. Tomemos una central eléctrica térmica que funciona con carbón de piedra y produce 15 mil millones de Kwh de electricidad al año, y gasta 5 millones de toneladas de carbón. Una central nuclear de idéntica potencia requerirá de 350 a 400 toneladas de uranio (Hore-Lacy, 2006).

Como se ve, la economía salta a la vista: se ahorran decenas de vagones en el transporte; el desarrollo de la energía nuclear es sobre todo muy importante para las regiones donde los recursos minerales son nulos o la extracción no es rentable, y donde no habrá que transportar electricidad a grandes distancias; se reducen las pérdidas, ya que las centrales nucleares se emplazan cerca de los lugares de consumo para que puedan producir electricidad barata. Los nuevos medios técnicos deberán ganarse un "lugar bajo el sol" al demostrar su racionalidad económica. Dicho con otras palabras: ser más rentables que sus predecesores. Puede decirse que los reactores nucleares industriales hace tiempo que superaron dicha etapa y hoy sólo las mejores centrales térmicas pueden concurrir con las nucleares por el costo de kWh (IAEA, 2007).

Por lo general, una central nuclear produce electricidad de entre 3 y 6 dólares por 1.000 kWh más barata que la térmica. Por ejemplo, durante los crudos inviernos registrados en el estado de Nueva Inglaterra -USA-, los reactores nucleares fueron los que asumieron todo el peso en la producción de electricidad. De esta manera hoy se hace cada vez más evidente que es racional fomentar la energía

nuclear. Según estimaciones de la OIEA, el potencial de esta energía en el mundo se duplicará por término medio cada cinco años (Marple and Young, 1999). Actualmente, en varios países la energía nuclear supone una notable proporción en la elaboración de energía: en Suiza alcanza el 20%, en Inglaterra el 15%, en Alemania el 12%, en los EE.UU. y en los países de la Unión Europea el 10% aproximadamente. Estos índices son característicos también para Bulgaria, Japón, la India y algunos otros países (Rullhusen, 2006).

## EL ENTERRAMIENTO ETERNO

En una revista científica apareció un artículo en que se detallaba que había demasiadas personas que no sabían nada de la energía nuclear (Watson and Scott, 2009). Que cargue lo irónico de esa expresión la conciencia de su autor, pero lo que nadie puede negar es el sinfín de discusiones que suscitó este tema en los últimos tiempos en muchos países. Por ejemplo, en el gobierno de Suecia surgieron divergencias sobre la cuestión de construir o no centrales nucleares en el país, lo que produjo una crisis gubernamental y el cambio de gabinete; el presidente de EE.UU.

Jimmy Carter propuso en su gobierno no utilizar la tecnología nuclear con plutonio; muchos recuerdan los acalorados debates desarrollados en el parlamento alemán al mismo respecto; los enemigos de la energía nuclear recurren a huelgas sedentarias; constantemente hay choques con la policía y se llegan a presentar hasta víctimas. Así pues estas cuestiones científico-técnicas adquieren carácter social y político (van der Pligt et al, 1984). A esta lucha se han visto arrastradas gentes que a veces sin querer son instrumento en la lucha coyuntural de los monopolios, los productores de toda clase de energía. Por lo que parece, habrá que examinar si son justas las objeciones de los enemigos de la energía nuclear.

La radiación nuclear no es un fenómeno nuevo. El hombre apareció y se desarrolló en un mundo lleno de radiactividad; partículas cósmicas traspasan nuestro cuerpo cada segundo; el suelo que pisamos, las paredes de nuestras casas, el agua, los alimentos que consumimos son radiactivos; el uranio, el torio, el radio y otros elementos, están muy difundidos por el planeta y nosotros existimos

al lado de ellos; más aún, nuestro cuerpo también es radiactivo. El fondo natural radiactivo existe en nuestra tierra desde que ésta apareció y de hecho no ha variado su intensidad, y el organismo humano hace tiempo que se acomodó a la radiación natural (Tae et al, 2007). La tarea consiste en que el uso de las instalaciones nucleares no aumente ese fondo natural, objetivo que pueden lograr la ciencia y la técnica actuales.

A juicio del eminente científico soviético, especialista en física nuclear y presidente de la Academia de Ciencias de la antigua URSS, Anatoli Alexándrov, los problemas fundamentales para proteger al hombre y al medio ambiente de perniciosas influencias de la industria nuclear, están ya resueltos en el plano científico-técnico, y elegir unos u otros métodos protectores depende sólo del costo del equipo (Yarygin et al, 2001). Cuando el hombre descubrió el fuego recibió también el humo y la ceniza de hogueras y calderas; cuando descubrió la energía nuclear, recibió la "ceniza" radiactiva de las empresas nucleares. Estos desechos, para muchas personas, parecen una amenaza insuperable y omnipresente; es lógico que nos preguntemos si existe el peligro más mínimo de que los residuos radiactivos de una central nuclear puedan penetrar en gran cantidad en el medio ambiente, y si es conveniente proseguir esta empresa arriesgada (Vaillancourt et al, 2008).

En 1975 había en el mundo 130 centrales nucleares con una potencia total de 83 millones de kilovatios. El aumento de dichas centrales abre esperanzadoras perspectivas para cubrir plenamente las necesidades energéticas. Además, la cantidad de residuos radiactivos no ha crecido considerablemente: según cálculos de la revista americana *Time*, el total de desperdicios de las centrales nucleares en el año 2000 ocupaba la superficie de un campo de fútbol, si se colocaba en una capa de seis pies de grosor (Rullhusen, 2006).

Los residuos radiactivos se dividen en tres categorías fundamentales: 1) residuos del funcionamiento y reparación de centrales nucleares: gases y líquidos, restos de combustible, equipo radiactivado, etc.; 2) residuos de isótopos radiactivos utilizados en distintas ramas industriales, instituciones científicas y médicas; y 3) residuos de elementos termógenos de las centrales

nucleares en las empresas que reponen el combustible utilizado (Vaillancourt et al, 2008). El mayor peligro corresponde al combustible nuclear que se extrae del reactor tras cumplir el plazo de funcionamiento. Dicho combustible contiene numerosos productos radiactivos formados durante la fisión de núcleos atómicos.

La radiactividad del combustible usado baja al principio rápidamente, los primeros diez años en 1.000 veces; después el ritmo disminuye bruscamente, sólo al cabo de 100 mil años bajará otras 1.000 veces. Estos desechos, a diferencia de otros residuos industriales, no se pueden destruir por ningún método conocido hasta hoy (Vaillancourt et al, 2008). No pierden su radiactividad incluso elaborándolos químicamente, por eso requieren un control seguro: se concentran en pequeños volúmenes y se aíslan. Los trabajadores de la industria nuclear llaman a esto "enterramiento eterno".

## EL PRIMER CONTACTO

Si la noticia sobre las explosiones nucleares en Japón espantó al mundo entero, la noticia de la puesta en funcionamiento de una central nuclear colmó de esperanzas los corazones de las gentes, porque la energía nuclear puede, y debe, ser utilizada en bien del hombre (Bodansky, 2004). La historia de la energía nuclear comenzó en unos complejos tiempos, a mediados de los años 50. En el mundo ardían conflictos militares: caían bombas sobre Guatemala; en Indochina tronaban los cañones; crecía la histeria militar; el Pentágono planeaba un golpe nuclear contra los países del socialismo. Por entonces, no lejos de Moscú, en la pequeña ciudad de Obninsk, se comienza a construir una central nuclear; la energía del átomo por primera vez se utilizaría para fines diferentes a los bélicos.

Empezaron a repiquetear los contadores de neutrones, se movieron las agujas de los instrumentos. Regulado por el hombre comenzó el proceso de disgregación del átomo. Al cabo de mes y medio se elaboró el primer "vapor atómico", que con fuerza se lanzó contra las palas de las turbinas y por los cables fluyó la corriente nacida del átomo. La potencia de la primera central -5.000 kw- hoy podría parecer modesta, pero para lograrla los faraones de Egipto necesitarían 100 mil esclavos; en la edad media, 10 mil caballos; toda la flota de vela de Gran Bretaña en la

época de su apogeo no podría desarrollar semejante potencia.

### COEFICIENTE DE RESISTENCIA

En la exposición mundial de Bruselas en 1958, en el local del famoso "Atomium", símbolo del siglo XX, había el siguiente *stand*: un dispositivo automático acercaba periódicamente un papel amarillo al contador de partículas nucleares, y este contador, a causa de la alta radiactividad, se "atragantaba" por la sobrecarga. La hoja pertenecía al cuaderno de notas de la renombrada estudiosa de la radiactividad, Marie Curie-Sklodowska, dos veces galardonada con el Premio Nobel. Las notas se hicieron a finales del siglo XIX, cuando trabajaba con un nuevo elemento -el radio-, que daría nombre al fenómeno de radiactividad. ¡Qué portentosa debía ser aquella actividad, cuando la hoja seguía irradiando medio siglo después!

Al desconocer el influjo mortífero, incluso de micro-cantidades de radio, los descubridores de los elementos radiactivos no eran lo suficiente precavidos con estas nuevas y poco estudiadas fuentes de radiaciones, por lo que todos los objetos que utilizaron los científicos recibieron una fuerte radiactividad. Largos años de manipular sustancias radiactivas, en especial cuatro años de trabajo agotador para concentrar el radio, se dejaron notar: Marie Curie cayó enferma de leucemia y murió.

En 1936, en Hamburgo, fue erigido un monumento a los roentgenólogos y radiólogos de todas las naciones, que ofrendaron sus vidas a la ciencia; en el monumento figuraban 110 nombres y cada año se van sumando nuevos. Puede decirse, sin pecar de exagerados, que el primer grupo de investigadores de sustancias radiactivas y radiaciones ionizantes, murió de leucemia o por tumores malignos (Tashimo and Matsui, 2008). El trabajo heroico de estas personas, ante las cuales inclinamos la cabeza, permitió obtener importantes datos sobre los niveles de radiación permisible.

Por recomendación de la Comisión Internacional de Protección Contra la Radiación, la dosis de radiación permisible se establece a un nivel tan bajo que excluye la posibilidad de agudas radiaciones (Nuclear Energy Agency, 2007 -3). Además, el riesgo debe ser mínimo y justificado en comparación

con los beneficios que obtiene la sociedad por la utilización de fuentes naturales de radiación. El grado de radiación no puede ser superior al que existe en aquellos sectores de la industria y la ciencia en los que hay segura protección (Tae et al, 2007). Además, la dosis de radiación permisible está también determinada para la población que vive cerca de las instalaciones nucleares. La radiación ionizante es heterogénea: no son sólo rayos X y radiación gamma, sino también flujos de partículas alfa, de protones, neutrones, etc.

Todos ellos disponen de distinta capacidad de penetración, por lo que, para determinar la dosis de radiación, se requiere una unidad general. A esa unidad se la denominó *rem*, cantidad de cualquier tipo de radiación equivalente por su acción biológica a un *roentgen*. Para las personas que trabajan directamente con sustancias radiactivas se ha establecido una dosis de radiación equivalente a 5 *rem* al año (Watt Com Energy, 1990).

En la industria aeronáutica hay un término especial: coeficiente de resistencia. Esto quiere decir que la resistencia mecánica del futuro avión se calcula con arreglo a la situación en que se requiere la máxima sobrecarga. Igual coeficiente tienen las normas de seguridad contra la radiación, 5 *rem* al año es la dosis. La medicina, por ejemplo, considera que incluso una radiación de 50 *rem* -de una sola vez- no provoca enfermedades (Vaillancourt et al, 2008).

Por ahora es imposible excluir las posibilidades de averías que puedan causar al personal radiaciones extremas, y es imposible planificar esa dosis de radiación. Ciertamente que la posibilidad de serias averías en una central nuclear es casi nula, los especialistas occidentales la equiparan a la "posibilidad de que caiga un avión de reacción sobre un campo de fútbol abarrotado de gente". Pueden ser objeto de radiación personas que no están directamente relacionadas con sustancias radiactivas: por ejemplo, el personal administrativo que pasa por locales donde se llevan a cabo trabajos con fuentes de radiaciones ionizantes.

### NUEVAS FUNCIONES DEL REACTOR

La central nuclear Nikolskaya construida más allá del círculo polar, es bien conocida fuera de las fronteras de Rusia. Pero son pocos los que saben que en la granja que hay en el



recinto de la central hay un criadero de truchas. Este hecho sirve para ilustrar las relaciones entre el progreso científico-técnico y la coexistencia pacífica de la energía nuclear y la naturaleza. En las aguas del lago Imandra, calentadas por el reactor de la Nikolskaya, pueden instalarse criaderos de truchas con una productividad anual de 5 mil toneladas. Con la puesta en marcha de la segunda fase de la central el exceso de calor de las aguas termales permitieron criar unas 10 mil toneladas de peces. Esta es la cantidad que produce aproximadamente toda Dinamarca, que ocupa el primer lugar del mundo en la exportación de truchas.

Desde los primeros días en que comenzó a funcionar este criadero se lleva un permanente control de su producción. Los análisis se hacen sistemáticamente con arreglo a una metodología elaborada especialmente. Las investigaciones prueban que el nivel de radiactividad de las truchas, es incluso más bajo que el de los peces que se crían en embalses naturales. La utilización del calor de las aguas termales de las centrales nucleares es una de las cosas que preocupan a los especialistas nucleares; les preocupa también otra cuestión ¿es suficiente que las centrales nucleares produzcan sólo electricidad? Pues hay que decir que la economía, aparte de electricidad, necesita también ingentes cantidades de energía calorífica.

Un importante consumidor de calor es la industria altamente desarrollada, gasta tanto combustible orgánico como se invierte para producir electricidad. Además, la industria lo utiliza, por lo general, para obtener altas temperaturas, sin las que no pueden realizarse diversos procesos de metalurgia, química y otras ramas esenciales. Los físicos trabajan para que las funciones que ejerce el petróleo, el carbón, y el gas lo asuman las instalaciones nucleares (Braams and Stott, 2002).

Por ahora, en las centrales nucleares se forma una temperatura que oscila entre los 300 y 400 grados Celcius y, para utilizar directamente esta energía calorífica en la industria, estos índices son insuficientes. Además, el coeficiente de rendimiento para transformar el calor en electricidad mediante dichas temperaturas, es relativamente bajo, cerca del 30%. Urge la necesidad de construir reactores que permitan alcanzar temperaturas

de 800 a 1.000 grados C; en dichos reactores, en lugar del agua -principal calor portador-, debe utilizarse gas, por ejemplo el helio. Calentado a una temperatura de 1.000 o más grados, llegará a las empresas por tuberías y tomará parte en procesos tecnológicos que consumen mucha energía. Con su ayuda se podrá obtener hierro por reducción directa del mineral; la obtención de hidrógeno industrial será mucho más sencilla, etc.

Pero no sólo la industria necesita fuentes de energía baratas: gran cantidad de combustible natural lo consume la calefacción, y también en esto las instalaciones nucleares pueden prestar un servicio al hombre. En el Instituto de energía nuclear I. V. Kurchátov, de Moscú, se concibió un esquema técnico de central nuclear para el abastecimiento calorífico; estas centrales suministrarán a la población agua caliente y calor. Una central de un millón de kilovatios de potencia, consumiendo al año de 15 a 16 toneladas de uranio débilmente enriquecido, puede calentar una ciudad de 250 mil habitantes. Una central térmica corriente necesitaría no menos de un millón de toneladas de carbón.

En el mundo hay zonas económicas en las que escasea el agua potable: repúblicas de Asia Central, Kazajistán, la cuenca del Donbass -Ucrania- y la costa oriental del mar Caspio, cuyos desiertos adyacentes no son menos penosos que el Sahara: en verano las temperaturas alcanzan los 40 grados C sobre cero, mientras que en invierno, las heladas llegan a 30 bajo cero, sin que caiga un solo copo de nieve. En esta tierra rigurosa, en la península de Mangyshlak, emplazada en la costa oriental del mar Caspio, los geólogos descubrieron en los años 50 yacimientos de petróleo, gas natural, carbón, mineral de hierro.

La explotación se complicaba en vista de que el agua hay que transportarla desde centenares de kilómetros. Actualmente en la península se levanta la ciudad de Shevchenko, que obtuvo un premio de la Unión Internacional de Arquitectos, "por un brillante intento de humanizar un paisaje urbano tradicional en unas complejas condiciones naturales" (Marples and Young, 1999). Los parques, avenidas y glorietas ocupan 250 hectáreas. Hay aquí un jardín botánico. El vecino de Shevchenko consume tanta agua

como un moscovita. En destiladores gigantescos, calentados por un reactor nuclear de neutrones rápidos, el agua salada y amarga del Caspio adquiere las propiedades gustativas requeridas. La instalación potabilizadora dio vida a esta ciudad. La energía nuclear se desarrolla a tal ritmo que hoy incluso es imposible pronosticar en qué campos encontrará aplicación. Lo que no cabe duda es que el átomo civil seguirá asimilando nuevas y nuevas especializaciones.

## UN NUEVO REACTOR

Como prueban los pronósticos, las reservas mundiales de uranio barato no son muy grandes. Un reactor corriente de agua ligera de mil megavatios de potencia consume en su funcionamiento cerca de 5.000 toneladas de uranio natural. Mil centrales de este tipo consumirían 5 millones de toneladas de uranio, o sea, todas las reservas conocidas por ahora.

Además, en los tipos de reactores que se utilizan hoy, de neutrones lentos, el uranio natural se economiza muy mal, para obtener energía térmica se utiliza entre el 1 y el 2% de este precioso material (Braams and Stott, 2002). Esto se debe a que en la reacción en cadena participa sólo el núcleo de un solo isótopo, el del uranio 235, y en el uranio natural sólo hay un 0,7%. Para obligar a funcionar a otro isótopo, el uranio 238, que constituye la parte esencial de este mineral, se construyó el llamado *breeder*, reactor de neutrones rápidos (McCracken, 2005). La idea se debe a los físicos rusos cuando aún se construía el pionero de este tipo de energía nuclear.

La particularidad del reactor de neutrones rápidos radica en que como combustible se utiliza otro elemento fisionable, el plutonio. Del combustible usado se extrae el plutonio y se carga el *breeder*, donde también se introduce el no fisionable uranio 238. Los neutrones rápidos, sin moderador, obligan al plutonio a realizar una reacción en cadena, como resultado de la cual se obtiene una considerable cantidad de energía calorífica, y del hasta ahora infértil uranio 238, se obtiene combustible de plutonio. De esta manera el *breeder* no sólo se abastece de combustible sino que ofrece la posibilidad de hacer aprovisionamientos. Con el empleo de reactores de neutrones rápidos en calidad de

combustible, prácticamente puede utilizarse todo el uranio natural (Forsberg, 2003).

En los años 50 se demostró teóricamente que era posible construir un reactor generador y proyectarlo y construirlo requirió no poco tiempo (Marples and Young, 1999). Hoy la fabricación de *breeders* es una de las perspectivas generalmente aceptadas para fomentar la energía nuclear: desde 1974 funciona en Francia el Phenix de 250 mil kilovatios; en Gran Bretaña fue puesto en marcha poco después el reactor PFT de la misma potencia; en Alemania se terminó la construcción del reactor SNR-300; Japón también cuenta con lo suyo. Para el año 2000 los franceses obtenían con *breeders* el 40% de toda su electricidad. En los países de antigua URSS, la primera central experimental de neutrones rápidos de 12 mil kilovatios fue puesta en explotación en 1969; en 1973 produjo electricidad la central nuclear de Shevchenko con un reactor de 350 mil kilovatios de potencia; posteriormente se puso en marcha un reactor de 600 mil kilovatios en la central Belozerskaya, el tercer generador de dicha central.

## CONCLUSIONES

Hace un cuarto de siglo que el átomo para fines pacíficos comenzó a trabajar en la Tierra, y actualmente ya entra con pie firme en nuestra vida. La medicina y el espacio, la biología y la metalurgia, la construcción de maquinaria y la industria textil, la geología, industria naval; el campo de aplicación del átomo se ensancha constantemente. La humanidad es testigo de brillantes descubrimientos científicos y soluciones técnicas, y en primer plano figuran los logros de la energía nuclear.

La experiencia en la explotación de centrales nucleares, las primeras instalaciones industriales de neutrones rápidos -*breeders*-, prueba que en un próximo y no lejano futuro se solucionará el abastecimiento de energía. La humanidad tiene aún la posibilidad de utilizar ilimitados recursos termonucleares, es decir, la energía producida al formarse núcleos atómicos más pesados de los más ligeros. Instalaciones termonucleares de fusión experimental se abren en Rusia y USA - Tokamak-10 y PLT-; programas para fomentar la energía termonuclear se aprueban en varios países.

Las posibilidades de la ciencia son ilimitadas, pero su aplicación la dirige el hombre. El descubrió el átomo y el fenómeno de radiactividad, inventó la bomba atómica y construyó las centrales nucleares. Su futuro depende de a dónde dirigirá la potente energía del átomo, en bien de la paz o para fines bélicos. Hoy no hay nada más importante que

frenar la carrera de los armamentos nucleares y cesar por completo todas las pruebas de armas nucleares. En la fachada de la central nuclear Novovoronezhskaya se pueden leer las siguientes palabras: "Que el átomo sea un obrero y no un soldado". Este es el único camino para seguir utilizando la energía nuclear.

## REFERENCIAS

1. Bodansky, D. (2004). Nuclear Energy: Principles, Practices, and Prospects. USA: Springer.
2. Braams, C. M. and Stott P. E. (2002). Nuclear Fusion: Half a Century of Magnetic Confinement Fusion Research (Series on Plasma Physics). USA: Taylor & Francis.
3. Forsberg, C W. (2003). Hydrogen, nuclear energy, and the advanced high-temperature reactor. International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 28, No. 10, pp. 1073-1081.
4. Forsberg, C. (2005). Futures for hydrogen produced using nuclear energy. Innovative Nuclear Energy Systems for Sustainable Development of the World. Progress in Nuclear Energy, Vol. 47, No. 1-4, pp. 484-495.
5. Herbst, M. A. and Hopley W. G. (2007). Nuclear Energy Now: Why the Time Has Come for the World's Most Misunderstood Energy Source. USA: Wiley.
6. Hore-Lacy, I. (2006). Nuclear Energy in the 21st Century: World Nuclear University Press. USA: Academic Press.
7. IAEA (2007). Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2030. 2007 Edition. Reference Data Series No. 12007.
8. Marples, R. D. and Young J. M. (1999). Nuclear Energy And Security In The Former Soviet Union. USA: Westview Press.
9. McCracken, M. G. (2005). Fusion: The Energy of the Universe (Complementary Science Series). USA: Academic Press.
10. Murray, J. (1990). Can nuclear energy contribute to slowing global warming? Energy Policy, Vol. 18, No. 6, pp. 494-499.
11. Nuclear Energy Agency (2007 -2). Nuclear Energy Data 2007 Edition. USA: Organization for Economic.
12. Nuclear Energy Agency (2007 -3). Nuclear Regulation Transparency of Nuclear Regulatory Activities. Workshop proceedings - Tokyo and Tokai-Mura. (Nuclear Regulation). USA: USA: OECD publishing.
13. Nuclear Energy Agency. (2007 -1). Nuclear Development Risks and Benefits of Nuclear Energy (Nuclear Development). USA: OECD publishing.
14. Rullhusen, P. (2006). Nuclear Data Needs for Generation IV Nuclear Energy Systems. USA: World Scientific Publishing Company.
15. Shimizu, A. and Fujii-e Y. (1995). Self-consistent nuclear energy systems. Proceedings of the International Symposium on Global Environment and Nuclear Energy Systems. Progress in Nuclear Energy, Vol. 29, Supplement 1, pp. 25-32.
16. Sweet, W. (2006). Kicking the Carbon Habit: Global Warming and the Case for Renewable and Nuclear Energy. USA: Columbia University Press.
17. Tae, J. L, Kyung H. L. and Keun-Bae O. (2007). Strategic environments for nuclear energy innovation in the next half century. Progress in Nuclear Energy, Vol. 49, No. 5, pp. 397-408.
18. Tashimo, M. and Matsui K. (2008). Role of nuclear energy in environment, economy, and energy issues of the 21st century - Growing energy demand in Asia and role of nuclear. Progress in Nuclear Energy, Vol. 50, No. 2-6, pp. 103-108.
19. Vaillancourt, K., Labriet M., Loulou R. and Waub J. P. (2008). The role of nuclear energy in long-term climate scenarios: An analysis with the World-TIMES model. Energy Policy, Vol. 36, No. 7, pp. 2296-2307.
20. van der Pligt, J., Eiser R. J. and Spears R. (1984). Public attitudes to nuclear energy. Energy Policy. The Sizewell Collection, Vol. 12, No. 3, pp. 302-305.

21. van Leeuwen, J. W. S. (1985). Nuclear uncertainties: Energy loans for fission power. *Energy Policy*, Vol. 13, No. 3, pp. 253-266.
22. Watson, J. and Scott A. (2009). New nuclear power in the UK: A strategy for energy security? *Energy Policy*. Article in Press, Corrected Proof.
23. Watt Com Energy (1990). *Nuclear Energy: A Professional Assessment*. Watt Committee. Report number 13. USA: Watt Committee on Energy Publications.
24. Yarygin, V. I., Mironov V. S., Solovyev N. P., Kolninov O. V., Kolesnikova V. V., Chernyavsky A. I. and Smolyansky A. S. (2001). Synthesis and investigation by means of electron energy loss spectroscopy of metal replicas fabricated from nuclear microfilters. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, Vol. 185, No. 1-4, pp. 228-234.

Ω

## **ROLE OF THE HOST CITY UNIVERSITY IN THE IMPLEMENTATION OF THE PROGRAM TO PROMOTE RURAL COOPERATIVES AGROECOLOGICAL FOR THE RATIONAL USE OF NATURAL RESOURCES, FOOD SECURITY, RESTORING ECOLOGICAL BALANCE CARE AND PROMOTION OF THE ENVIRONMENT IN THE RURAL AREA**

### **ABSTRACT**

*The aim of this study is to evaluate the role of the Municipal University Venue in implementing the Agricultural Promotion Program “Campesino a Campesino” in Peasant Cooperatives of Camajuaní. The use of agro-ecological technologies in Peasant Cooperatives of Camajuaní sets the beginning of sustainable development, from the economic and ecologic point of view. Farms show a more intensive use of land resources expressed in the number of managed species, as well as organic matter content. Peasant improves production results, social economic conditions and gains in quality of life. The dominant patterns of production and consumption contributed to environmental degradation, and this deterioration must be stopped, so that to recover the biodiversity and ecosystems quality, creating the conditions for a balance between community development and protection of the biosphere. Sustainable agriculture becomes a paradigm that serves as a way to ensure a healthy and stable feeding without affecting the environment. It pretends to make compatible natural resources conservation and environment protection, with the production of enough quantities of food to ensure the welfare of present and future generations.*

**Keywords:** *Natural resources, food security, ecological balance, environment.*

## **PAPEL DE LA SEDE UNIVERSITARIA MUNICIPAL EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE PROMOCIÓN AGROECOLÓGICA EN LAS COOPERATIVAS CAMPESINAS, PARA EL APROVECHAMIENTO RACIONAL DE LOS RECURSOS NATURALES, LA SEGURIDAD ALIMENTARIA, RESTAURACIÓN DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROMOCIÓN DEL CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE EN EL ÁMBITO RURAL**

***Kenia Faye González, Carlos Alberto Hernández Medina***

*Sede Universitaria Municipal Camajuaní, Villa Clara Cuba*

[cahm862@uclv.edu.cu](mailto:cahm862@uclv.edu.cu)

(Artículo de INVESTIGACIÓN) (Recibido el 26 de junio de 2009. Aceptado el 22 de julio de 2009)

### **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo es evaluar el papel de la Sede Universitaria Municipal en la implementación del Programa de Promoción Agrícola “Campesino a Campesino”, en las Cooperativas Campesinas de Camajuaní. El uso de las tecnologías agroecológicas en las Cooperativas campesinas de Camajuaní marca el inicio del desarrollo sustentable, desde el punto de vista económico y ecológico. Las fincas muestran un uso más intensivo del recurso tierra expresado en el número de especies manejadas, así como en el contenido de materia orgánica. El campesino mejora los resultados de la producción, sus condiciones económicas sociales y gana en calidad de vida. Los patrones dominantes de producción y consumo contribuían al deterioro ambiental, y se debe detener ese deterioro, de manera que se recupere la diversidad biológica y la calidad de los ecosistemas, creando las condiciones para un equilibrio entre el desarrollo comunitario y la protección de la biosfera. La agricultura sustentable se convierte en un paradigma que sirve como vía para garantizar una alimentación sana y estable sin afectar al medio. Pretende compatibilizar la conservación de los recursos naturales y la protección del ambiente, con la producción de cantidades suficiente de alimentos para garantizar el bienestar de las generaciones presentes y futuras.

**Palabras clave:** Recursos naturales, seguridad alimentaria, equilibrio ecológico, medio ambiente.

## INTRODUCCIÓN

Los modelos contemporáneos de relación Universidad - Sociedad se basan en la necesidad de trabajar en Redes, por lo que las Sedes Universitarias Municipales, para cumplir su misión, necesitan realizar su trabajo en redes cuyos actores sean el Gobierno Local, las otras Sedes Universitarias del territorio, las Bibliotecas y Centros de Información, las empresas, los representantes locales de Ministerios como el Ministerio de Agricultura, las organizaciones políticas, sociales y profesionales y los movimientos sociales como el Forum de Ciencia y Técnica. Cada uno de estos actores tiene diferente función dentro de la Red pero todos son importantes.

La Gestión del Conocimiento en este contexto consiste en gran medida en colaborar en la identificación de problemas locales que requieran del conocimiento para su solución y contribuir a identificar las organizaciones o personas que pueden aportarlo, para luego construir los nexos, las redes y los flujos de conocimientos que permitan la asimilación, evaluación, procesamiento y uso de esos conocimientos.

La producción de conocimiento a nivel local plantea varios retos de gran complejidad:

1. Frecuentemente los problemas son complejos y necesitan un abordaje multidisciplinario, requieren integración de disciplinas en la búsqueda de respuestas, cuya solución se logra muchas veces combinando inteligentemente los conocimientos existentes.
2. Generalmente el conocimiento requerido está integrado a la práctica, se necesita para resolver un problema y buena parte de él existe, por lo que solo es necesario transferirlo con creatividad teniendo en cuenta la singularidad de las circunstancias locales.
3. Existe un fuerte nexo entre innovación y aprendizaje, por lo que para introducir lo nuevo antes hay que capacitar al personal que trabajará en el proceso.

Según Lage (2005) el “Conocimiento Relevante” producido a nivel local se debe caracterizar por ser: Colectivo -incorporado a las organizaciones-, Combinatorio -de fuentes y disciplinas diversas-, Concreto -vinculado a la solución de problemas específicos-, Tácito

-frecuentemente no estructurado- y Local. Esa definición ilustra muy bien el tipo de conocimientos que deberán gestionar las SUM para atender los problemas del territorio que las rodea. En la Gestión del Conocimiento a nivel local se deben eliminar las distancias que artificialmente se crean entre las disciplinas, entre los actores y entre los procesos de aprendizaje, superación, capacitación, investigación e innovación. Esto es muy importante ya que obliga a trabajar integradamente a todos los actores, en función de obtener un conocimiento utilizable.

Lage (2005) resume los pasos de la Gestión del Conocimiento en:

- a) Identificación de los actores
- b) Construcción de redes
- c) Construcción de la conectividad
- d) Estimulación y organización de interacciones
- e) Crear capacidad de asimilar conocimientos y tecnologías
- f) Armar “ciclos cerrados” a través de Dirección por Proyectos
- g) Implementación de la “Capacitación para toda la vida”
- h) Seleccionar, capacitar y evaluar los cuadros
- i) Construir infraestructura informática - conectividad, redes
- j) Construir y evaluar indicadores de desempeño.

En el contexto de una situación tan complicada y cambiante a todos los niveles, es necesario ponerse a tono con las complejidades de la vida económica, política y social del territorio para responder a sus crecientes exigencias. Abordamos así Camajuaní, municipio situado al Norte de la provincia de Villa Clara, Cuba; limita al Norte con el Mar Caribe, al sur con Santa Clara y Placetas, al este con Caibarién y Remedios y al oeste con Encrucijada y Cifuentes. Tiene 612,88 kilómetros cuadrados de extensión y 63.200 habitantes -la población urbana es de 37.364 habitantes y la rural de 26.201- (OME, 2006); tiene una densidad poblacional de 103,08 habitantes por kilómetro cuadrado. La natalidad es de 8,19 y la mortalidad de 8,50, mientras que el 20,7% de su población excede los 60 años. Su producción mercantil fue de \$96.142.900 en 2005 y de \$99.749.800 en 2006. Su índice de boscosidad se incrementó desde un 24,71% en

2005 hasta 24,91% en 2006. Sus principales asentamientos poblacionales son: Camajuaní, Vueltas, Vega Alta, Taguayabón y la Quinta.

Según CITMA (2007) su economía está basada en las producciones de azúcar, tabaco, ron, cárnicos, implementos agrícolas y muebles escolares. Es un municipio eminentemente agrícola basado en las producciones cañero-azucareras, tabacaleras y de cultivos varios; con un importante número de medianas y pequeñas industrias, algunas de las cuales son reconocidas por la calidad y tradición de sus productos; se destacan 2 establecimientos cárnicos, 3 granjas agropecuarias, 3 granjas avícolas y una planta de incubación.

Las transformaciones económico-sociales del municipio (CITMA, 2007) provocan impactos negativos y como consecuencia una situación compleja, caracterizada por:

- El vertimiento de efluentes contaminantes que se generan en los procesos productivos o la actividad urbana, alcanzan las aguas superficiales de las principales cuencas hidrográficas o las subterráneas.
- El fondo de suelos se encuentra afectado por factores de naturales o antrópicos, que amenazan la agroproductividad y ponen en peligro la producción de alimentos por malas prácticas agrícolas.
- El déficit de áreas boscosas, tanto naturales como plantadas, la proliferación del cultivo itinerante, la baja supervivencia de las reforestaciones y una pobre selección de especies, aceleran la deforestación.

La humanidad es un vasto universo, la tierra, nuestro hogar, está viva y nos ofrece las condiciones sociales para la evolución de la vida. Pero éstas dependen de la conservación de la biosfera, con sus ecosistemas ricos en diversidad biológica, tierras fértiles, aguas puras y aire limpio. Los patrones dominantes de producción y consumo contribuyen al deterioro ambiental. Hoy estamos llamados más que nunca a detener ese deterioro, de manera que se recupere la diversidad biológica y la calidad de los ecosistemas, creando las condiciones para un equilibrio entre el desarrollo comunitario y la protección de la biosfera. Para ello es necesario implementar programas de capacitación, gestión y educación ambiental,

que involucren a todas las comunidades, grandes o pequeñas. La agricultura sustentable se convierte en un paradigma que sirve como vía para garantizar la alimentación sana y estable, sin afectar al medio. Es aquella agricultura que pretende compatibilizar la conservación de los recursos naturales y la protección del ambiente, con la producción de cantidades suficientes de alimentos para garantizar el bienestar de las generaciones presentes y futuras. Se presenta un estudio sobre el desarrollo de las técnicas agroecológicas como una nueva forma de agricultura agraria, tomando como referencia las Cooperativas Campesinas de Camajuaní, Villa Clara, Cuba.

La Cooperativa Campesina objeto de este estudio se fundó el 10 de octubre de 1962, en el lugar que ocupa hoy la estación de ferrocarriles en Vega de Palma. La conformaban entonces 155 campesinos, con un área de 82 caballerías de tierra. Ese mismo año la cooperativa fue dividida, originándose la nueva Cooperativa de Crédito y Servicios “Juan Verdecia”. Quedó entonces la cooperativa con 90 socios con tierra y un área de 40 caballerías. El 11 de mayo de 1993 se fortalece la Cooperativa de Crédito y Servicios “Benito Ramírez”, en la que se crea un aparato administrativo conformado por el presidente, 1 económico y 1 administrador. La Ley 95 de 2002 respalda la creación de estas Cooperativas de Crédito y Servicio. La Cooperativa objeto de este estudio limita al norte con la CPA “13 de Marzo” del Consejo Popular Taguayabón, al sur con la CCS “Juan Verdecia”, al este con la UBPC de mismo nombre y al oeste con la CCS “Miguel Ángel Acevedo”. La atraviesa la corriente de agua dulce del río Manacas y cuenta además con dos micropresas

El objetivo de este trabajo es: Evaluar el progreso que ha tenido la implementación del Programa de Promoción Agroecológico en las Cooperativas Campesinas de Camajuaní.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Como métodos de trabajo se utilizaron recorridos de campo, conversaciones personalizadas, la revisión de documentos y las encuestas a los actores locales del Proyecto. Se realizaron visitas a las áreas de las cooperativas, Bosques Martianos, Áreas de Capacitación y experiencias novedosas,

donde se pudo intercambiar y adquirir mayor conocimiento sobre la utilización de las técnicas agroecológicas. Se revisaron documentos en los que se mostraban las experiencias y logros del Programa de Promoción Agroecológico en las Cooperativas. Otro instrumento que generó un gran cúmulo de información fue la encuesta realizada a presidentes de UBPC, que complementa la estructura del trabajo, y permitió conocer los programas puestos en marcha y su comportamiento en el territorio.

Las Cooperativas objeto de este estudio se distribuyen en todo el territorio municipal. Desde el año 2001 se realizó en las cooperativas un diagnóstico participativo Finca a Finca. En el mismo los campesinos participaron en la evaluación de las áreas agrícolas y de sus terrenos, en la que se utilizó una metodología participativa, promovida por los Promotores Agroecológicos escogidos entre los campesinos más capacitados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diagnóstico participativo Finca a Finca que se realizó en las cooperativas desde el año 2001 arrojó los siguientes resultados:

- El 62% del área total que poseen las cooperativas se catalogaba de poco productivo y el 48% de muy poco productivo, motivado por el mal drenaje, compactación de suelos y la utilización incorrecta de las medidas aerotécnicas.
- Se detectó que el 30% del área total estaba formada por terrenos arcillosos y pedregosos.
- En ciertas épocas del año existía una superproducción de alimentos, escaseando en otra época del año.
- Solo el 17% del área total estaba reforestada y la faja hidrorreguladora en ríos, arroyos y embalses alcanzaba solo el 23,4%
- Especies de la fauna endémica, entre ellas aves como el zunzún, pájaro carpintero y paloma rabiche, se encontraban afectadas.
- Se detectó falta de conocimiento y capacitación por parte de los campesinos, familiares y la comunidad en general, sobre las medidas para la protección y conservación del medio ambiente y técnicas de amplio empleo en el movimiento agroecológico.

Teniendo en cuenta este diagnóstico se elaboraron en la cooperativa los siguientes programas:

1. **Programa para la conservación y rehabilitación de los suelos.** Debido al uso irracional y a la explotación indiscriminada que se le da a nuestros suelos, se reducen sus reservas de nutrientes. A través del Programa Agroecológico se logró capacitar a un grupo de personas para conocer la existencia de plantas que resultan muy beneficiosas para los suelos por los aportes de nutrientes que hacen a los mismos. Entre ellas se encuentra la siembra de leguminosas, que garantizan la fijación biológica de Nitrógeno en los suelos. También se usan plantas con gran producción de follaje en barbecho para su incorporación en la preparación del suelo.

Para la conservación de estos suelos se estableció un grupo de medidas:

- No roturar las tierras a favor de la pendiente sino por el trazado de las curvas de nivel para evitar el arrastre erosivo.
- No permitir la quema de residuos de cosechas que destruye la capa vegetal y contribuye al calentamiento atmosférico.
- Crear barreras fijas y móviles para contener la velocidad del agua corriente y favorecer la infiltración, minimizando la erosión.
- La rotación de los suelos permite diversificar los cultivos en una misma área -desfasados en época de siembra, cosecha y de tiempo requerido para la preparación del suelo. Ejemplo: una planta de gran aporte de nitrógeno al suelo genera fertilidad para otro cultivo extractivo posterior -yuca y maíz.
- Usar las excretas de animales como abonos orgánicos lo que evita emitir carga contaminante al medio y favorece la fertilidad del suelo.
- La asociación de cultivos comprende la combinación de por lo menos dos cultivos. Ejemplos: frijol con boniato, maíz con boniato y frijol, frijol con girasol, maíz y plátano, maíz con maní, cítricos con boniato, cítricos y calabaza. Estas combinaciones permiten mayor regulación de las



malezas, y hacen un uso más racional del suelo y el agua, disminuyen la incidencia de plagas y enfermedades y permiten la obtención de mayor producción.

- Empleo de tracción animal en las labores agrícolas, bueyes, yugos e implementos de tracción son elementos fundamentales en la preparación del suelo. Actualmente se utilizan arados, gradas y cosechadoras. La utilización de maquinarias contribuye a la compactación del suelo.

**2. Programa para la protección de la biodiversidad.** Gracias a este programa se logró concientización de la necesidad de implementar una agricultura agroecológica y sostenible por parte de los campesinos, si se desea legar un planeta habitable a nuestros nietos. Se estableció que cada campesino creara en su finca un vivero de árboles frutales y maderables para llevar a cabo la reforestación. Entre las plantas más propagadas están los cítricos, árboles maderables y frutales. Estos son utilizados como postes vivos, e intercalamiento de árboles con otros cultivos. El resultado fue que toda la faja hidrorreguladora en ríos, arroyos y embalses se reforestó, y el área boscosa de las cooperativas ascendió de un 17% a un 27%, previéndose en los próximos años llegar al 30%. Al aumentar la zona boscosa aumenta también el anidamiento de las aves, observándose recuperación de las poblaciones de especies de aves en peligro de extinción como el zunzún, el pájaro carpintero y la paloma rabiche.

**3. Programa de conservación de alimentos.** Al detectar la superproducción de frutas en ciertas estaciones del año, fue necesario crear un grupo llamado Consejo de Mayores con el objetivo de capacitar a estas personas mediante talleres, en los que aprendieran a elaborar alimentos para su conservación. Ejemplo: de frutas como el mango, tomate y guayaba se hacen pulpas para todo el año. Para realizar esta actividad se cuenta con el centro de elaboración ubicado en el Consejo Popular de Taguayabón. Este fue construido por la cooperación de todos

los campesinos y equipado con financiamiento del Proyecto HIVOS.

**4. Programa de Educación Ambiental para la Comunidad.** Se organizó el Primer Taller Nacional de Educación para la comunidad. Este programa incluyó muestras del trabajo de todos los factores y actores de la sociedad. Incluyó a los campesinos y sus familiares, quienes ayudan a la rehabilitación de los suelos, a la reforestación, al cuidado y aumento de las especies. Las organizaciones están inmersas en primarias de salud, responsables de la potabilidad del agua para el consumo, luchar contra la propagación del SIDA y ayudar al desarrollo del mejoramiento humano. Los Comité de Defensa de la Revolución tienen como consigna Mi Patio Productivo y Mi Jardín Florido, con lo que se incentiva a tener en los patios más de seis especies de árboles frutales, maderables y hortalizas.

La Federación de Mujeres Cubanas se encarga de la atención adecuada a la mujer, la revisión de mamas y pruebas citológicas y de que en cada hogar donde existan animales domésticos estos se encuentren vacunados. El Promotor Cultural es elemento importante en la comunidad ayudando a la conservación y promoción de las tradiciones. El Consejo de Mayores se encarga de promover la utilización de la cocina vegetariana y de alcanzar una alimentación y vida sana. Para esto educa a la comunidad y con su apoyo se puede alcanzar una agricultura y medio ambiente sano y limpio. La Asociación de Combatientes ayuda a la divulgación de los hechos históricos más importantes relacionados con la naturaleza, ejemplo: la Protesta en los Mangos de Baraguá, la Batalla de las Guásimas.

Los niños de las Escuelas de las Cooperativas se preparan para cuidar el medio ambiente. Realizan visitas al Bosque Martiano donde se les enseña a apreciar y cuidar la flora y la fauna, haciéndoles llegar el amor y el pensamiento ecologista de José Martí. El programa de promoción "Campesino a Campesino" surgió en la provincia de Villa Clara en 1997, auspiciado por la ONG Pan

para el Mundo. Este movimiento comienza a promoverse en la CCS “Benito Ramírez” en el año 2000, con cinco promotores y un facilitador. El objetivo de este movimiento agroecológico es alcanzar la rehabilitación de más del 50% de las tierras cultivadas y que más del 50% de los campesinos de la cooperativa se conviertan en promotores, para poder satisfacer las necesidades de esta generación sin afectar a las venideras.

La lentitud con la que se había introducido en el territorio las tecnologías agroecológicas obedecía a cuatro factores:

- Culturales: no hay tradición y el campesino se aferra a lo tradicional.
- Educativos: las personas deben estar consientes y preparadas para implementar estas tecnologías
- Sociales: el trabajo agrícola es duro, requiere dedicación y la entrega total, y los jóvenes no se sienten atraídos por él, disponiendo de otras opciones que el estado pone en sus manos como el estudio gratuito.
- Económicos: la introducción de estas tecnologías requiere de recursos que el país no siempre tiene disponibles o no están al alcance de los productores. La política del estado apoya toda iniciativa que se encamine al desarrollo de las mismas.

*Know how* generado en el trabajo con los Proyectos de Agricultura Sostenible:

- Barra porta-implementos y familia de implementos de agrotecnia para el trabajo con tracción animal. Emerio Reyes.
- Mamey que fructifica de 2 a 3 años - mediante tipos de injertos y ajustes a las fases de la luna. Emerio Reyes.
- Variedad de fríjol de 9 granos por vaina obtenidos por selección de los campesinos. Emerio Reyes.
- Conservación de semillas en frascos sumergidos en agua del arroyo. Emerio Reyes.

## REFERENCIAS

1. Altieri, M. (1983). *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. División de Control Biológico. Universidad de California, Berkeley.

- Extracción del Guano de murciélago y uso como fertilizante orgánico. Isidro Oliva Pérez.
- Uso del látex del Cardón como pesticida biológico. Cooperativa Abel Santa María.
- Uso de restos del despallido -Palo de tabaco- como cobertura o *mulch*. Cooperativa Abel Santa María.
- Sistemas de venta al estado de todos los productos. Ajo. BANDEC y Consejo de la Administración Municipal.
- Consejo de Ancianos como forma de gestionar el conocimiento ancestral de los campesinos. Cooperativa Benito Ramírez.
- Preparación de Conservas en los períodos pico de cosecha para evitar pérdidas de producto. Cooperativa 13 de Marzo.
- Ferias de generalización de resultados. Proyecto PIAL y CIAP.
- Asociación con Empresa Metalmecánica para diseño de prototipos de implementos agrícolas. Emerio Reyes.
- Uso de extractos de plantas repelentes en el Manejo Integrado de Plagas de los Cultivos. Alexey Cruz Torres.

## CONCLUSIONES

- El uso de las tecnologías agroecológicas en las Cooperativas Campesinas marca el inicio del desarrollo sustentable desde el punto de vista económico y ecológico.
- Las fincas muestran un uso más intensivo del recurso tierra, expresado en el número de especies, manejadas así como el contenido de materia orgánica.
- Con el uso de esta tecnología el cooperativista mejora los resultados de la producción, sus condiciones económicas sociales y gana en calidad de vida.

## RECOMENDACIONES

- Que este Programa de Promoción Agroecológico se extienda a otras entidades del país y el continente.
- Poner en práctica la colocación de molinos de viento y utilizar las corrientes de agua dulce con que cuentan las cooperativas, para la generación de energía para mover molinos, troceadoras, pequeños generadores eléctricos, etc.

2. Anónimo. (1995). Fertilidad, conservación y manipulación de suelos. Grupo Vicente Guerrero. Tlaxcala. México.
3. Casas, R. (2003). La formación de redes de conocimiento: Una perspectiva desde México. Barcelona: Anthropos. 234 p.
4. CEDUAM. (1998). Manual de conservación de suelos y agua. México..
5. CITMA. (2007). Estrategia integrada de ciencia e innovación tecnológica y medio ambiente municipio de Camajuani. 2007-2009. Ministerio de ciencia, tecnología y medio ambiente. Formato Electrónico.
6. Colección SIMAS. (1994). Promotores y desarrollo local sostenible. Cuaderno 3. Managua, Nicaragua.
7. Coordinadora Ecuatoriana de Agroecología. (1997). Agroecología. Quito, Ecuador.
8. Fundación “Antonio Núñez Jiménez” de la Naturaleza y el Hombre (2005). Acciones prioritarias que contribuyen a la creación de capacidades y a la implementación de buenas prácticas agroproductivas en el Municipio de Camajuani. La Habana, Cuba.
9. Kolsman, E. y Vázquez D. (2000). Manual de agricultura ecológica. Managua: De Simas.
10. Lage, A. (2005). Intervención en el taller nacional sobre gestión del conocimiento en la nueva universidad. 27 de Junio al 1 de Julio. La Habana, Cuba.
11. Oficina Municipal de Estadísticas -OME- (2006). Datos del censo de población y viviendas del municipio de Camajuani. Censo 2002. Camajuani, Villa Clara, Cuba.
12. Programa Regional de Campesino a Campesino de Centroamerica. (1995). Producción y gestión del conocimiento campesino. Memorias del V Encuentro de Campesino a Campesino. Nicaragua.
13. Promotoras y promotores del programa Campesino a Campesino. (1998). La experimentación Campesina. Nicaragua.
14. Proyecto Sabana Camaguey. (2002). Manual de agricultura sostenible. La Habana, Cuba.
15. Sánchez, F. J. (1988). Dos décadas de promoción de campesino a campesino. México: Red de Gestión de Recursos Naturales and Rockefeller Foundation.



## APPROACH TO SCIENCE, DREAMS AND WAKEFULNESS IN DESCARTES

### ABSTRACT

*Both modern philosophy owes to Descartes that is difficult, if not impossible to determine all the influence it has had the French philosopher, and to what extent is a precursor of the ideas of his successors. Many passages from the works of Descartes contain thoughts, problems and solutions in an embryonic state and bursting with possible interpretations of good ideas. A good example is the brief but well-known that Descartes makes comparison between dreams and wakefulness. With this comparison was called to what Kant was later to call "the scandal of philosophy". Descartes uses the phenomena of sleep, compared with the "reality" of the waking state, indicating that it is perfectly possible to doubt the existence of a real world beyond the subjective experiences of the human mind.*

**Keywords:** *dreams, wakefulness, philosophy.*

## ACERCAMIENTOS A LA CIENCIA, LOS SUEÑOS Y EL ESTADO DE VIGILIA EN DESCARTES

**Carlos Enrique Cardozo P.**

UNIACC, Chile

[cecardozo@rediffmail.com](mailto:cecardozo@rediffmail.com)

(Artículo de REFLEXIÓN) (Recibido el 18 de mayo de 2009. Aprobado el 14 de agosto de 2009)

### RESUMEN

Tanto le debe la filosofía moderna a Descartes que resulta difícil, cuando no imposible, determinar toda la influencia que ha tenido el filósofo francés, y hasta qué punto es un precursor de las ideas de sus sucesores. Muchos pasajes de las obras de Descartes contienen pensamientos, problemas y soluciones en estado embrionario plétóricos de interpretaciones posibles y de buenas ideas. Un buen ejemplo es la breve pero bien conocida comparación que Descartes hace entre los sueños y el estado de vigilia. Con esta comparación dio principio a lo que más tarde Kant había de llamar "el escándalo de la filosofía". Descartes utiliza los fenómenos del sueño, comparados con la "realidad" del estado de vigilia, para señalar que es perfectamente posible dudar de la existencia de un mundo real más allá de las experiencias subjetivas de la mente humana.

**Palabras clave:** sueños, vigilia, filosofía.

### INTRODUCCIÓN

Descartes observa que mientras soñamos tenemos experiencias muy parecidas a las que tenemos despiertos. Mientras soñamos creemos estar en un mundo real en el cual somos objetos entre otros objetos. Nos ponemos en contacto con otras personas, con animales, plantas, edificios, máquinas, y las tratamos de la misma manera más o menos que cuando estamos despiertos. Parecen tener la misma existencia independiente que las de nuestro estado de vigilia, es decir, nos vemos más o menos libres para manejarlas como queramos, pero, lo que es más significativo, su existencia parece ser independiente de la nuestra (Descartes, 1988). Pero cuando despertamos nos damos cuenta de que no existe un mundo real

objetivo que corresponda al de nuestros sueños, y que el mundo de los sueños estaba exclusivamente formado por fenómenos subjetivos. Nos preguntamos si no es posible que el mundo real sea también, como nuestros sueños, una mera realidad ilusoria.

Descartes describe el problema y su asombro al descubrirlo, de la siguiente manera:

*¡Cuántas veces me ha pasado por la noche soñar que me encontraba en este preciso lugar, que estaba vestido y sentado cerca del fuego, mientras que en realidad estaba acostado y desnudo en la cama! En este momento no me parece que estoy viendo este papel con los ojos abiertos; que esta cabeza que estoy moviendo no está dormida, que es con toda intención y voluntad que extendiendo la mano y que la percibo; lo que sucede en los*

*sueños no aparece ni tan claramente ni de una manera tan distinta como todo esto. Pero al meditar acerca de esto, recuerdo que muchas veces durmiendo, me han engañado ilusiones parecidas, y al profundizar en ésta meditación veo tan claramente que no existen indicaciones ciertas por las que podamos distinguir claramente la vigilia del sueño, que no salgo de mi asombro. Y mi asombro es tal, que casi me puede persuadir de que ahora estoy soñando (Descartes, 1937).*

En este artículo se presenta una investigación reflexiva cuyo fruto es la consulta exhaustiva de por lo menos diez (10) investigaciones acerca del tema. Además, el compendio, análisis y presentación de resultados es producto de un trabajo dedicado de más de catorce (14) meses, en los que se recolectaron aportes de más de cien (100) fuentes, pero que se decantaron hasta llegar a los aquí presentados.

## **PRIMER ACERCAMIENTO**

Un análisis de esta comparación entre los sueños y los fenómenos del estado de vigilia, revela hechos importantes e interesantes acerca de la concepción que Descartes tenía tanto de los sueños como de la realidad. Ante todo, salta a la vista, tanto de otros pasajes de la filosofía de Descartes como el ya mencionado, que considera que la existencia del mundo real fuera de nuestras mentes es un hecho dudoso basado en la limitada evidencia que nos ofrece la experiencia de nuestros sentidos.

La comparación de esta experiencia con los sueños no hace más que poner de relieve su dudosa naturaleza de una manera asombrosa. Pero más sutil y singular que su actitud respecto a la dudosa existencia de la realidad, puesto que ésta se la puede comprender sin gran esfuerzo, es su falta de duda acerca de la naturaleza de los sueños. El que nuestras experiencias mientras estamos despiertos revelen o no la existencia de objetos reales independientes de la mente, se considera igualmente dudoso (Adams, 2000).

Descartes está convencido de que no hay nada seguro acerca de la "realidad" del mundo que percibimos despiertos. Sin embargo, aunque reconoce la naturaleza dudosa de este mundo, no vacila en lo que respecta a la naturaleza del mundo de los sueños. No puede dudar que los sueños sean

meramente subjetivos, idea que confirma además su famoso *cogito*. Aunque es posible dudar de lo objetivo de la experiencia, es imposible dudar de su subjetividad.

Sin embargo, tenemos que señalar los renglones en los que Descartes nos dice: "*...veo tan claramente que no existen indicaciones ciertas por las que podamos distinguir claramente la vigilia del sueño, que no salgo de mi asombro*". Si no existe diferencia alguna entre el estar soñando y el estar despierto, ¿cómo se puede concebir que uno sea de carácter dudoso y el otro no? Si las experiencias que tenemos mientras estamos despiertos nos presentan un mundo cuya realidad es dudosa, ¿no nos presentarán también lo mismo los sueños, ya que no difieren del estado de vigilia, de la misma incierta manera? O si nuestros sueños son de verdad puramente subjetivos y no representan una realidad que esté más allá de nuestra propia mentalidad, ¿no sería lo que experimentamos despiertos tan evidentemente subjetivo como lo otro, y suprimiría hasta la cuestión de la validez de un mundo objetivo más allá de la experiencia?

Si no fuera porque para hacerle justicia a las ideas y a los intentos por descubrir la verdad de un filósofo, no se debe juzgar a éste por los juicios aislados que hace, sino que se deben interpretar esos juicios en relación con lo que ha dicho antes y después, en suma, en relación con la totalidad de sus ideas, estaríamos justificados en acusar a Descartes de haber incurrido en una contradicción evidente. Pero se deduce claramente no sólo de lo que dice en otras partes, sino también de lo que dice inmediatamente después, que él considera desde luego que los sueños y la realidad no se parecen más que en ciertos aspectos, que son los que le hacen dudar y le asombran, pero que son fundamentalmente diferentes (Defez, 2006).

Descartes dice en seguida, modificando su frase, que literalmente es contradictoria: "*...y mi asombro es tal, que casi me puede persuadir de que ahora estoy soñando*". Está "*casi*" convencido de que la realidad no es sino un sueño. Si hubiese considerado que los sueños eran indistinguibles del estado de vigilia, la palabra "*casi*" quedaría desplazada, e igual le sucedería a todo el problema acerca de la dudosa existencia del mundo

real. La “realidad” entonces es para Descartes dudosa, pero la “irrealidad” de los sueños no lo es en absoluto. La conclusión a la que llega en lo que respecta a la diferencia que hay entre los sueños y las experiencias que tenemos despiertos, puede parecerle poco más que una perogrullada a cualquier realista convencido, para quien todo el problema de confundir y distinguir los dos reinos es hilar demasiado delgado (Wilson, 1989). Sin embargo, el realista no llegaría a darse cuenta de que muchas veces la filosofía tiene como deber el examinar lo perogrullesco de lo llamado obvio, lo cual en el caso del problema de la “realidad” del mundo que percibimos despiertos no resulta tan evidente después de todo (Torrades, 2005). A los sueños se los puede confundir con la realidad, y a la “realidad” con los sueños, y sólo un análisis cuidadoso puede despejar la confusión.

Un paso decisivo en el análisis del problema es señalar que mientras soñamos, el mundo que nos representamos a nosotros mismos parece “real”. Mientras soñamos no llegamos a darnos cuenta con precisión de que estamos soñando y pensamos que lo que experimentamos es “real”. En el estado del sueño confundimos el soñar con la “realidad” porque parecen ser lo mismo en esencia. Sólo cuando nos despertamos nos damos cuenta de que lo que se nos aparecía como una “realidad” no era más que un sueño, y por lo tanto el problema de la “realidad” de los dos estados no se revela como evidente hasta que podemos compararlos (Descartes, 1937).

Además, la comparación de los dos reinos o estados se hace con base en el estado de vigilia. Mientras estamos despiertos es cuando la mayoría de las veces nos acordamos de que hemos estado soñando, pero ¿cuántas veces recordamos, mientras estamos soñando, nuestro estado de vigilia previo? -algunas veces es posible, mientras se está soñando, darse cuenta de que uno está soñando, pero probablemente esto se debe a que uno está medio despierto; de todos modos, la conciencia de estar soñando viene seguida inmediatamente por el despertar.

Descartes se da cuenta de que la confusión inicial entre los sueños y la “realidad” sucede en los sueños, de aquí que él afirme: *“¡Cuántas veces me ha pasado por la noche soñar que me encontraba en este preciso*

*lugar, que estaba vestido y sentado cerca del fuego, mientras que en realidad estaba sentado y desnudo en la cama!”* Cuando está despierto se da cuenta de que aunque él sentía que lo que estaba soñando era “real” mientras lo soñaba, una vez despierto, la ilusión se desvanece. De esto se sigue que si las experiencias que se tienen en el sueño son verdaderamente lo mismo que las que se tienen despierto, la ilusión de que los sueños son “reales” nunca se desvanecería (Horne, 2001). Seguiríamos considerando ambos estados “reales” o ambos “irreales”.

## SEGUNDO ACERCAMIENTO

Esta confusión de los sueños con la “realidad” es una experiencia común a todo el mundo, que sin embargo nunca se analiza a fondo, especialmente cuando se trata de señalar la evidencia con la que la confusión, una vez estamos despiertos, queda inmediatamente aclarada. Pero, la confusión más importante desde un punto de vista filosófico es la confusión de la “realidad” con los sueños (Defez, 2006). Esta confusión que es más radical, tiene su origen cuando consideramos que las experiencias que tenemos despiertos son subjetivas como nuestros sueños, y cuando tratamos de hallar en ellas una evidencia definida de que no son meramente subjetivas, es decir, que verdaderamente comprueban la existencia de un mundo objetivo e independiente de nuestra experiencia. Cuando nos damos cuenta de que nuestra experiencia no puede decirnos por sí sola más de lo que en ella encontramos directamente, el mundo que percibimos despiertos cobra verdaderamente una cualidad de sueño (Descartes, 1988).

Aparte de la doble confusión y por lo tanto doble razón por la que no debemos ver *“indicaciones ciertas por las que podamos distinguir el estado de vigilia del sueño”*, los dos estados, como todo el mundo lo ha podido experimentar por sí mismo, por lo general se distinguen. ¿A qué se debe esta distinción? ¿Por qué se considera a los sueños productos fantásticos de la mente mientras que se consideran las experiencias que se tienen despierto como indicadores de un mundo “real”, con una naturaleza que existe independientemente de la mente?

### TERCER ACERCAMIENTO

De la comparación entre los sueños y el estado de vigilia se obtienen muchas razones probables para explicar por qué se considera que los sueños son “irreales”, puros fenómenos mentales y nada más. Algunas de estas razones hay que aceptarlas como válidas, y otras hay que rechazarlas por tener poca o ninguna base. Descartes nos ofrece una de estas razones en el pasaje que hemos citado, al decir: “...*en este momento no me parece que estoy viendo este papel con los ojos abiertos; que esta cabeza que estoy moviendo no está dormida, que es con toda intención y voluntad que extendiendo la mano y que la percibo; lo que sucede en los sueños no aparece ni tan claramente ni de una manera tan distinta como todo esto*”. Una diferencia tan manifiesta entre los sueños y el estado de vigilia se le ocurrirá casi en seguida a cualquiera. Los sueños no son tan claros y distintos como las experiencias que tenemos mientras estamos despiertos.

Pero Descartes rechaza esta diferencia rápidamente, aunque no nos da ninguna razón para hacerlo, salvo decir que no existe diferencia alguna entre el estado de vigilia y el sueño (Klösch y Kraft, 2004). La idea de que los sueños son menos “reales” porque son menos claros y distintos, se basa probablemente en que estamos despiertos la mayor parte del tiempo; el mundo que percibimos despiertos nos acompaña más que el mundo de los sueños, y por consiguiente consideramos como nuestro a aquél, el mundo en que verdaderamente vivimos y que conocemos mejor. Por esto se le toma la medida de la “realidad”, de modo que lo que se parece al mundo del estado de vigilia es “real” y lo que no se le parece es “irreal”.

Para el hombre común, que es un realista, lo que se ve, oye, toca y huele clara y distintamente es real, lo cual es todo lo opuesto a lo que sostienen filósofos como Descartes quien desconfía de los sentidos, creyendo tan sólo lo que se nos da clara y distintamente en la mente (Descartes, 2001), o como Platón, que considera el mundo de las sensaciones como meras apariencias y no realidad (Crombie, 1962).

Para el realista común, cuanto menos se percibe una cosa claramente por los sentidos, tanto menos es real (Brunton, 1976). Se

puede decir que una cosa que no se da claramente carece de existencia, ya que está ausente en parte. Pero si meditamos un poco más sobre este problema, tenemos que reconocer que aunque algunos de nuestros sueños son vagos, constituyen sin embargo una realidad en sí mismos, y que resultan vagos solamente en comparación con los fenómenos del estado de vigilia. El que un mundo sea o no claro, no es un criterio válido para juzgar la “realidad” o “irrealidad” del mismo (Descartes, 1988). Por lo tanto, Descartes estaba plenamente justificado al rechazar esta consideración.

### CUARTO ACERCAMIENTO

Si Descartes hubiera podido aprovecharse de los descubrimientos de Freud (1913, 1920, 1938, 1968, 2009), habría visto de una manera más definida y clara la razón por la que es correcta su suposición básica de que los sueños son productos de la mente que no nos revelan ningún mundo físico real. El análisis de los sueños de Freud presenta toda clase de evidencias de que los sueños son una imitación o copia del mundo que percibimos despiertos, que el subconsciente utiliza para expresarse a sí mismo. Según Freud resulta claro que el contenido de los sueños está en gran parte tomado de los incidentes que vivimos despiertos (Freud, 1938). Rara vez sucede que sea verdad lo contrario, es decir, que lo que sucede en el estado de vigilia haya sido tomado de los sueños.

La creencia de que los sueños profetizan lo que nos va a pasar en el futuro ha sido desprestigiada por el estudio científico de los sueños (Wilson, 2001). Los sueños, pues, parecen ser una especie de copia del mundo que percibimos despiertos. Este hecho nos señala que lo que es “real” del mundo de los sueños, es decir, los aspectos del mundo de los sueños que pudieran ser considerados como indicaciones de que existe un mundo físico objetivo, pierde su significado como tal, porque todo el sueño no es más que un símbolo subjetivo construido con los fenómenos del mundo que percibimos despiertos. Como lo ha demostrado Freud (1913), se puede trazar el origen de los sueños en los incidentes de nuestra vida despierta, pero no representan, como las experiencias de ésta, ningún mundo objetivo, sino experiencias psíquicas que han surgido en relación con éste.

Según Freud, un sueño puede ser causado por un trauma psíquico que sucede en nuestra vida despierta (Ricoeur, 1990). Un incidente de nuestra vida despierta ocasiona muchas veces una reacción psicológica que casi en seguida queda reprimida en el subconsciente y que se libera solamente en forma de símbolos de los sueños. El sueño sirve para volver a traer el incidente o reacción reprimida al estado consciente, donde se le da una expresión más completa y el reconocimiento que exige. Los sueños, más que presentarnos un mundo objetivo, revelan las profundidades del mundo subjetivo (Wilson, 2001).

### **QUINTO ACERCAMIENTO**

Otra diferencia importante entre el soñar y el estar despierto, sobre la que Descartes hubiera podido fundamentar sus conclusiones que en esencia son lógicas, es el hecho que aquél carece de un orden o leyes consistentes, que se encuentran en éste, y que sirven de base para postular la existencia de un mundo objetivo que corresponde a nuestras experiencias. Por supuesto que los sueños, como lo ha demostrado Freud, tienen sentido a pesar de su naturaleza aparentemente caótica, se puede descubrir en ellos un orden y un significado verdaderos, determinados por leyes psicológicas. Pero el orden psicológico es muy diferente del físico, y pone de manifiesto algo que es totalmente distinto.

Uno de los primeros filósofos en notar esta importante diferencia de órdenes fue Kant, quien considera que el único punto decisivo de distinción, entre los sueños y las experiencias que tenemos despiertos, es que éstas nos presentan una serie de datos que coinciden en sí mismos y que están sujetos a leyes, mientras que en los sueños estos datos se nos aparecen como un caos incoherente de impresiones aisladas que se desplazan las unas a las otras (Kant, 1948).

Debemos añadir que el orden de por sí no hace que un mundo sea más “real” que otro, como tampoco lo hace el que el orden de los sueños sea esencialmente diferente del orden de las experiencias del estado de vigilia. La diferencia de “realidad” consiste en que el orden característico del mundo del estado de vigilia, indica que existe un mundo objetivo que le corresponde, mientras que el

orden del mundo de los sueños se refiere a tales factores subjetivos como deseos o conflictos, que no han sido logrados o que han sido reprimidos.

Resulta manifiesto, por ejemplo, que en nuestra vida despierta nos podemos acostumbrar a cierto orden en la naturaleza física. Parece que ciertas cosas no pueden suceder, y que ciertas cosas sí suceden por lo común, y que ciertos sucesos conducen de una manera natural a otros sucesos (Horne, 2001). En los sueños, sin embargo, puede pasar cualquier cosa. Algunas veces en sueños nos es posible volar sin la ayuda de ningún aparato; podemos realizar grandes proezas de fuerza física, mientras que muchas veces hasta nos es imposible correr media cuadra, de tanto que nos pesan los pies, o de tan perezosos que los tenemos. En sueños, podemos plantar una semilla de manzano y esperar lógicamente que crezca un manzano. Puede resultar que en lugar del manzano nos salga un melocotonero o un poste de teléfonos. Una causa dada no tiene un efecto correspondiente.

### **SEXTO ACERCAMIENTO**

Algunas veces el orden de los sueños parece seguir el orden del mundo de nuestra vida despierta, pero de repente este orden cambiará y se convertirá en algo que no se parece a nada de lo que experimentamos despiertos (Withers, 2008). Nos parece pues que un mundo que no corresponde al orden del mundo que percibimos despiertos, es falso e irreal. El mundo que percibimos despiertos parece ser básicamente el mismo en todo momento, pero el mundo de nuestros sueños cambia tan radical y espontáneamente sin causa aparente alguna, que en realidad parecen ser varios mundos y no solamente uno.

Este último aspecto caracteriza el mundo de los sueños como algo discontinuo. En la realidad que percibimos despiertos se sienten los estados de vigilia como partes de un todo mayor. Esto se debe al hecho de que el todo, del cual los estados de vigilia parecen ser sólo partes, puede ser sentido en toda su totalidad (Hatfield, 2007). Por ejemplo, experimentamos el paso de la noche al día y por consiguiente cuando nos dormimos por la noche y nos despertamos a la mañana siguiente, suponemos que ha tenido lugar la



transición natural de la noche al día, aunque hemos experimentado ambos extremos del proceso. La noche ha precedido al día en nuestra experiencia y creemos que la noche se ha desarrollado o se ha transformado en día, exactamente como si hubiésemos estado ahí para verlo.

También en el mundo que percibimos despiertos los diferentes estados de vigilia tienen una cualidad común, que los identifica y establece su relación mutua o su continuidad. De esta manera un estado es la continuación de otro que le precede. Cuando nos despertamos por la mañana nos encontramos en el mismo mundo en el que nos acostamos en la noche. Nos despertamos en circunstancias muy parecidas a las de antes, y los cambios que han ocurrido son los que podemos esperar que sucedan con el curso natural del tiempo. Tenemos verdaderamente la impresión de que continuamos nuestras vidas como antes. Existe una relación esencial entre uno y otro estado, y por esto podemos creer que hay etapas en el desarrollo de los mundos que ocurren sin que las percibamos. De este modo parecería que hay un mundo objetivo, un mundo “real” existente fuera de nuestra mente, pero objeto de nuestra experiencia. La manifiesta continuidad de nuestra vida despierta, sin embargo, no nos proporciona una prueba precisa de la “realidad” del mundo, pero sí nos proporciona alguna indicación (Machamer and McGuire, 2006).

### **SÉPTIMO ACERCAMIENTO**

El mundo de los sueños es, por comparación, desde luego discontinuo. En sueños, cada sueño aparece como un todo, independiente de otros sueños que le precedan o le sigan, ya que no parece ser parte de algo mayor. Cada sueño raro parece ser el resultado natural o el desarrollo de otro. Por ejemplo, podemos ser guapos en un sueño y feos en otro. En el mundo de los sueños no hay relación manifiesta entre el hecho de ser guapo en una ocasión y feo en la otra.

El mundo de los sueños no parece ser un mundo sino muchos, y por lo tanto no tenemos la impresión de que el mundo siga evolucionando mientras no estamos presentes para verlo; por el contrario, el mundo de los sueños parece ser nuevo cada vez (Fearing, 1929). Nos referimos tan sólo al

desorden aparente de los sueños, es decir, a su incoherencia física y falta de continuidad. Según Freud (1913), sin embargo, los sueños son símbolos psicológicos del subconsciente, y como tales no tienen nada de desordenados ni de absurdos.

Pero la coherencia del mundo “real” y la incoherencia del mundo de los sueños no se manifiestan sólo entre un estado de vigilia y otro, en comparación con sueños separados, sino también en los incidentes del desarrollo de cada estado de vigilia o sueño. Los distintos episodios del día que vivimos despiertos, forman más o menos una unidad coherente. Con el paso del tiempo, en la vida despierta, los sucesos se desarrollan naturalmente en una secuencia consistente, pero en un sueño en el cual puede pasar cualquier cosa, cada período o momento puede ser cambiado de una manera radical (Wilson, 1989). Podemos soñar un instante que estamos en un cuarto cómodo y al instante siguiente que estamos en un desierto abrasador.

La coherencia y continuidad entre las experiencias del estado de vigilia puede no probar nada definido en cuanto a la “realidad” del mundo, como se menciona antes. Sin embargo, el orden sí que indica, aunque de una manera incompleta, una “realidad” independiente de la mente (Cascardi, 1984); pero en el mundo de los sueños la incoherencia y falta de continuidad entre estados y sucesos son los rasgos más evidentes. El desorden y la falta de uniformidad en los sucesos del mundo de los sueños, convierten cualquier conjetura acerca de la existencia de un mundo objetivo en una fantasía, que no está basada en absoluto en una experiencia del sueño, porque si viviésemos exclusivamente en el mundo de los sueños no podríamos deducir de nuestra experiencia ninguna razón para afirmar la existencia de un mundo “real”.

El mundo de los sueños no se presta a una interpretación realista porque no se le pueden encontrar leyes definidas o relaciones causales. Tales leyes y conexiones son necesarias para la interpretación realista de la experiencia, porque ellas, tanto como otras experiencias, proporcionan la base sobre la que debe descansar la teoría realista. Cuando comparamos los sueños con

el mundo que percibimos despiertos, vemos que están tomados de éste, y son utilizados como instrumentos que expresan la mente subconsciente y no indican verdaderamente la existencia de ninguna “realidad” objetiva (Cole, 1992).

## CONCLUSIONES

Como Descartes se dio cuenta, la “realidad” del mundo que percibimos despiertos es dudosa, porque un estudio cuidadoso del mismo revela la limitada evidencia de su “realidad”. Es difícil determinar si las experiencias que tenemos despiertos pueden o no trascender sus limitaciones. En algunos respectos sí pueden hacerlo, pero toda evidencia de trascendencia es en su mayor parte limitada, lo cual quiere decir que el estado de “realidad” del mundo que percibimos despiertos es ambiguo, y está limitado a ser una experiencia subjetiva, al mismo tiempo que sugiere una objetividad trascendente. El caso de los sueños presenta una imagen más parcial, en la que toda la evidencia, o por lo menos, gran parte de ella, nos muestra que los sueños revelan la mente subconsciente. El estado de la “realidad” de los sueños es indudable y la percepción de Descartes al respecto es básicamente correcta.

Al considerar dudosa la “realidad” del mundo, Descartes demostró tener más

sentido que muchos de sus sucesores que se inspiraron en su duda para negar totalmente la existencia de un mundo objetivo o, lo que viene a ser lo mismo, para sostener que nada se puede saber de él.

Contribuyó Descartes al descubrimiento y a la consideración plena, cuando no en última instancia, a la solución de uno de los problemas más importantes de la filosofía, comparar la realidad a los sueños. Pero su comparación fue más que nada un artificio con el cual hizo hincapié en la verdad esencial de su idea, que las experiencias del mundo que percibimos despiertos proporcionan una evidencia dudosa en lo que toca a la realidad. Si se hubiese dado mayor cuenta de las inferencias de su comparación y de la importancia de su distinción implícita entre los sueños y la realidad, si hubiese examinado la naturaleza de la evidencia dudosa enfocando el problema de una manera más positiva que negativa, quizás hubiera ido más lejos en la solución de su duda. El mismo no entendió suficientemente bien sus propias vistas, de ahí que éstas no fuesen desarrolladas adecuadamente. Sin embargo, con ellas nos demostró una vez más hasta qué punto el futuro de la filosofía estaba latente en su pensamiento (Keefer, 1996).

## REFERENCIAS

1. Adams, V.R. (2000). Manual de principios de neurobiología. México: McGraw-Hill Interamericana.
2. Brunton, P. (1976). La sabiduría del yo superior. Buenos Aires: Editorial Kier.
3. Cascardi, A. J. (1984). Cervantes and Descartes on the dream argument. Bulletin of the Cervantes society of America, Vol. 4, No. 2, pp. 109-122.
4. Cole, J. R. (1992). The olympian dreams and youthful rebellion of René Descartes. University of Illinois Press: Urbana.
5. Crombie, I. M. (1962). An examination of Plato's doctrines. London: Toutledge & Kegan Paul Ltd.
6. Defez, A. (2006). Unamuno, Descartes y la hipótesis del sueño. Revista de Filosofía, Vol. 31, No. 1, pp. 7-20.
7. Descartes, R. (1937). The meditations and selections from the principles. Munich: Open Court Publishing Company.
8. Descartes, R. (1988). The passions of the soul. Selected Philosophical Writings. 218-238.
9. Descartes, R. (2001). Meditations on first philosophy. New York: Hackett Publications.
10. Fearing, F. (1929). René Descartes. A study in the history of the theories of reflex action. Psychological Review, Vol. 36, No. 5, pp. 75-388.
11. Freud, S. (1913). The interpretation of dreams. New York: Macmillan.
12. Freud, S. (1920). A general introduction to psychoanalysis. New York: Horace Liveright.
13. Freud, S. (1938). Basic writing. Nueva York: The Modero Library.

14. Freud, S. (1968). The standard edition of the complete psychological works of Sigmund Freud. Volume 21. The Future of an Illusion. London: Hogarth Press.
15. Freud, S. (2009). On creativity and the unconscious: The psychology of art, literature, love, and religion. New York: Harper Perennial Modern.
16. Hatfield, G. (2007). The passions of the soul and Descartes's machine psychology studies. *History and Philosophy of Science Part A*, Vol. 38, No.1, pp. 1-35
17. Horne, J. (2001). Variaciones sobre la función del sueño. *Mundo Científico*, No. 226, pp. 48-51.
18. Kant, E. C. (1948). Vida y doctrina. México: fondo de Cultura Económica.
19. Keefer, M. H. (1996). The dreamer's path: Descartes and the sixteenth century. *Renaissance Quarterly*, Vol. 49, No. 1, pp. 45-25.
20. Klösch, G. y Kraft U. (2004). Naturaleza de los sueños. *Mente y Cerebro*. Número 8. 62-68.
21. Machamer, P. and McGuire J. E. (2006). Descartes's changing mind. *Studies In History and Philosophy of Science Part A*, Vol. 37, No. 3, pp. 398-419.
22. Ricoeur, P. (1990). Freud: una interpretación de la cultura. Barcelona: Siglo Veintiuno Editores.
23. Torrades, S. (2005). La naturaleza de los sueños: Últimos indicios científicos. *Ámbito Farmacéutico Neurología*, Vol. 24, No. 9, pp. 134-140.
24. Wilson, C. (1989). Subjectivity and representation in Descartes: The origins of modernity. *History of European Ideas*, Vol. 10, No. 3, pp. 387-389.
25. Wilson, J. (2001). El significado de los sueños. *Investigación y Ciencia*, Vol. 2, No. 28, pp. 80-87.
26. Withers, R. (2008). Descartes' dreams. *Journal of Analytical Psychology*, Vol. 53, No. 5, pp. 691-709.



## SCIENTIFIC AND PHILOSOPHICAL RELATIONS IN THE THEORY OF KNOWLEDGE

### ABSTRACT

*This study is an approach to the various problems involved in epistemology and the solutions that were historically these difficulties, in order to establish objectively the scientific and philosophical relationships are critical in any theory of knowledge. The intention, before a problem of such magnitude, it is to make original formulations, we simply wish to present a view which collaborate to make themselves understood the contents of a theory of knowledge. The complexity of the current historical moment requires precision in the approach to any subject, sacrificing the abstractions in favor of simplicity and objectivity. There is no intention nor the result of this work is sufficient to acquire a mastery of the epistemological problem, however, is expected to form the basis for expanding knowledge through personal research or continuation of what has heretofore arisen, according with reference material.*

**Keywords:** Epistemology, science, philosophy, history of science, research.

## RELACIONES CIENTÍFICO-FILOSÓFICAS EN LA TEORÍA DEL CONOCIMIENTO

**Adriana Coyarca Delgado, Diego Leandro Pérez P.**

*Grupo de trabajo experimental en ciencia-filosofía e historia, Argentina.*

[philos@2008.net.ar](mailto:philos@2008.net.ar)

(Artículo de REVISIÓN) (Recibido el 1 de septiembre de 2009. Aceptado el 30 de octubre de 2009)

### RESUMEN

La presente investigación es un planteamiento a los distintos problemas que implica la epistemología y las soluciones que históricamente se dieron a dichas dificultades, con el fin de poder establecer objetivamente las relaciones científico-filosóficas que son fundamentales en toda teoría del conocimiento. La intención, ante un problema de tal magnitud, no es la de hacer formulaciones originales, simplemente se quiere presentar una visión que colabore en hacer comprensibles los contenidos propios de una teoría del conocimiento. La complejidad del momento histórico actual exige precisión en los planteamientos de cualquier materia, sacrificando las abstracciones en favor de la sencillez y la objetividad. No se pretende tampoco que el resultado de este trabajo sea suficiente para adquirir un dominio de la problemática epistemológica, por el contrario, se espera que sirva de base para ampliar los conocimientos a través de investigaciones personales o de continuación a lo aquí planteado, de acuerdo con el material de referencia.

**Palabras clave:** Epistemología, ciencia, filosofía, historia de la ciencia, investigación.

### INTRODUCCIÓN

Debe tenerse en cuenta que una sólida estructura mental no se logra sino mediante el hábito de la investigación, de la superación continua y de la apertura crítica hacia todas las formas de pensamiento, para ver en ellas, no sólo los logros positivos sino los aspectos negativos, como la única manera de entender que lo propio de un ser pensante no es matricularse en un sistema, sino comprometerse con la verdad, esté en el sistema que esté (Eraña, 2002). La posibilidad de nuevas aperturas en cualquier campo del conocimiento humano, está en relación directa con el esfuerzo que se haga

por establecer un contacto directo con las obras de los distintos pensadores. Pero ese contacto no debe ser simplemente pasivo, sino ante todo crítico y analítico, para que se puedan entrever nuevas perspectivas y nuevos enfoques. Si con este trabajo se logra despertar en los lectores esas inquietudes, se habrá alcanzado el objetivo que lo motivó.

A nivel de las ciencias particulares, la epistemología ocupa uno de los primeros lugares, no sólo porque pretende establecer las condiciones del conocimiento válido sino, ante todo, porque hace un desmonte crítico

de las teorías científicas, hace un análisis del método científico y asegura la exactitud del conocimiento (BonJour, 1976).

Esta investigación es solamente una introducción al tema de cómo se piensa la ciencia en la perspectiva filosófica, teniendo en cuenta a la ciencia misma. Esta rama del conocimiento requiere un esfuerzo de aprendizaje mayor que otras, pero, por las razones antes expuestas, es de importancia capital en la formación de todo profesional, cualquiera que sea la ciencia a la que se dedique.

El nivel de abstracción en el que se plantean los problemas es el propio de la filosofía; por eso se requiere de más paciencia y atención para comprender bien los planteamientos; no obstante, aquí se utiliza un lenguaje lo más claro posible. La reflexión epistemológica no es un trabajo fácil, pero el esfuerzo por realizarla se verá después enormemente gratificado por el nivel de comprensión que puede obtenerse de los problemas; por el mejoramiento cualitativo del ejercicio de toda razón en lo referente a la crítica, y por el considerable mejoramiento de la práctica profesional, la cual necesariamente, tendrá que ser llamada a juicio (McDermid, 2000).

### CONSIDERACIONES NECESARIAS

Es frecuente encontrarse con afirmaciones como "La ciencia ha llegado a ser parte integrante de la condición humana" (Bachelard, 1989), o "*La ciencia se ha convertido en el eje de la cultura contemporánea*" (Bunge, 1988), que traducen el convencimiento generalizado, entre la gente de nuestra época, de que el conocimiento científico es el único válido y confiable. Podríamos decir que la ciencia es la forma de saber, más y mejor acreditada actualmente; los progresos en los campos de la investigación y de la tecnología, que es aplicación de la ciencia, no terminan de asombrar; además, se puede afirmar que desconocer los avances científicos es ignorancia. Sin embargo, a pesar de los adelantos de la ciencia, todavía es más lo que se desconoce que lo que se sabe con respecto a muchos asuntos (Eraña and Martínez, 2004).

La ciencia aparece aún como un saber que tiene límites, por lo que esta misma

limitación del conocimiento científico permite cuestionarlo, y hacer de la reflexión sobre la ciencia una obligación indeclinable. No es, por tanto, el solo prestigio del saber científico el que debe motivar la reflexión, sino también las propias limitaciones de la ciencia y de los resultados de la investigación, las que deben convertirse en objeto de un pensamiento crítico y valorativo (Giere, 1990). Además, la ciencia es una forma de conocimiento, de apropiación de la realidad y aparece vinculada a los intereses y modos de organización social en cuyo seno se producen y, sobre todo, tiene una historia como cualquiera de los hechos humanos. Sobre la base de esta doble consideración histórica y social, el conocimiento científico puede someterse a la crítica, no sólo como conocimiento en sí, sino también por las características de su vinculación con los ideales de la humanidad (Sosa, 1992).

Estas consideraciones se acentúan al situarse en el campo de las ciencias o sea en el campo científico y en el de la investigación. El científico o investigador está doblemente obligado a pensar los problemas del conocimiento; en primer lugar, como hombre que quiere situarse espacial y temporalmente en su cultura y, en segundo lugar, de modo más especial como profesional que genera conocimiento. Existe una responsabilidad individual y social del científico frente a la reflexión crítica acerca del conocimiento científico, es decir, frente a la epistemología, ya que ésta es crítica y valorativa de los resultados de la investigación científica, de las formas como el saber científico se adquiere, pero, especialmente, es garantía de que la ciencia, como forma de conocimiento, obedezca a las necesidades de emancipación y crecimiento del ser humano (Martínez, 1997).

El campo de la educación básica primaria es un terreno especialmente abonado para la reflexión epistemológica; corresponde al momento en que se está formando el espíritu científico en el niño y donde se repiten, como se comprenderá más adelante, todas las contingencias históricas del desarrollo del saber científico de la humanidad. En forma muy particular, el educador de primaria debe estar al tanto de la problemática epistemológica (Gigerenzer, 1992). En la primaria se da el primer contacto del niño

con las disciplinas científicas de manera directa y formal; el educador, por su parte, debe estar vigilante sobre la forma como la génesis del conocimiento científico opera, y no podría hacerlo si carece de una actitud epistemológica.

### APROXIMACIONES AL CONCEPTO DE EPISTEMOLOGÍA

Toda reflexión crítica sobre la investigación y el conocimiento científico, es de carácter epistemológico, por lo que la epistemología es el estudio crítico de la ciencia, desde el punto de vista de la filosofía y de la ciencia misma. El epistemólogo argentino Mario Bunge la define así: "*Es la rama de la filosofía que estudia la investigación científica y su producto, el conocimiento científico*" (1981). La etimología de la palabra remite hasta los filósofos griegos: la "*episteme*" era el saber racional sobre las cosas, su conocimiento causal, por encima de la experiencia o saber elemental, y de la "*tecné*" o saber práctico. Con el correr del tiempo, el término "*episteme*", que significa "erguirse -stemi- por encima de -epi-", pasó al latín con el nombre de "*scientia*" y posteriormente al español con la palabra "ciencia".

La "sofía" -filosofía- era para los griegos el grado superior del conocimiento y estaba por encima de la *episteme*. La filosofía como saber supremo se encargaba de dar respuestas últimas y definitivas a todos los interrogantes y problemas del hombre; surgió por oposición al "mito" o explicación de la realidad por causas sobrenaturales. Esta superación de la explicación mítica por parte de la explicación filosófica, merece tenerse en cuenta ya que en el siglo XIX, con el surgimiento del espíritu positivo, la ciencia surge como respuesta explicativa superior a la filosofía (Goldman, 1980). Con el nacimiento de la ciencia moderna -siglos XV y XVI-, se produjo la separación entre filosofía y ciencia, y la aparición de un nuevo tipo de humanismo, el "*humanismo científico*"; una nueva forma de responder a las relaciones del hombre con la naturaleza mediante la observación y la experimentación.

Ciencias como la física y la astronomía dejaron de pertenecer a la filosofía, y con la adopción de un nuevo método, el método científico, se constituyeron en saberes

alternativos del conocimiento filosófico y teológico. La aparición del pensamiento científico moderno no significó la desaparición del predominio de la filosofía, que siguió considerándose como "*reina de las ciencias*", pero sí una disminución en el ámbito de su competencia (Cloquell, 2006). El conocimiento de los fenómenos de la naturaleza pasó a ser un saber científico, adquirido mediante el riguroso método de la observación, la experimentación y la verificación. A través de la gnoseología o filosofía del conocimiento, el pensar filosófico mantuvo su hegemonía sobre todo tipo de saber, incluyendo el científico.

El desarrollo y crecimiento del saber científico produjo una renovación fundamental al interior de la filosofía a la altura del siglo XVIII. Kant planteó una revisión de la razón como instrumento del conocimiento, una especie de revolución copernicana dentro de la filosofía (1993). Se trataba de someter al conocimiento humano, en general, a una crítica radical: ¿Cómo obtener un conocimiento confiable? ¿Cuáles son los fundamentos de la racionalidad? Recordemos que la razón era el medio básico de conocimiento, tanto en la filosofía como en la ciencia. A partir de entonces y durante todo el siglo XIX, se conocerá como teoría del conocimiento a aquella parte de la filosofía que se ocupa de problemas como el de la validez del conocimiento, su origen, sus alcances y límites, los tipos de conocimiento, y demás. Es importante tener en cuenta la aparición de la teoría del conocimiento, puesto que a partir de ella surgirá lo que hoy se conoce como epistemología.

De la teoría del conocimiento, la epistemología retomará la parte crítica y reflexiva que la caracteriza como discurso sobre la ciencia. Vendrá luego la respuesta de la ciencia; Comte, y el movimiento positivista, establecen el conocimiento científico como la etapa final y más desarrollada de la historia del conocimiento humano, la cual se define por el establecimiento del espíritu positivo y la hegemonía de la ciencia sobre cualquier otra forma de conocimiento. El cientifismo positivista sustituye la teoría del conocimiento por una teoría de la ciencia (Bourdeau and Chazel, 2002). Para esta nueva visión de los problemas del

conocimiento, la certeza sensible de los hechos es el punto de partida del único conocimiento posible, el conocimiento científico, que se caracteriza porque se adquiere mediante un método de comprobación y verificación. El positivismo destaca también el carácter histórico de progreso que se da en la ciencia y su utilidad.

Más que la mentalidad y la actitud positivista, fueron las mismas realizaciones y el progreso y crecimiento de las ciencias las que pusieron en jaque a la explicación filosófica de la realidad (Rorty, 2001). La importancia del saber científico en la cultura contemporánea es un hecho indiscutible, y toda reflexión sobre el conocimiento humano debe transitar obligatoriamente por los caminos de la ciencia.

A pesar de las exageraciones que presenta una excesiva valoración del conocimiento científico -se conoce como "cientifismo" a la fe de la ciencia en sí misma, a su autosuficiencia, al convencimiento de que ya no se puede entender ciencia como una forma de conocimiento sino como el conocimiento en sí (Gigerenzer, 1991)-, la ciencia y su resultado, el conocimiento científico, se convirtieron en el siglo XX en el eje de las discusiones filosóficas. El acontecimiento final fue la aparición de la epistemología. En 1935 se organizó en París el primer Congreso Internacional de Epistemología, con el propósito de conjugar, mediante la reflexión crítica, los esfuerzos mancomunados de la filosofía y de la ciencia, por eso se le conoce también como "filosofía de la ciencia" (Duque, 1998).

### **REFLEXIÓN EPISTEMOLÓGICA**

Nace de la reflexión sobre las ciencias, explica el conocimiento científico y sus problemas internos, y tiende hacia una especialización del conocimiento antes que a la generalización de una teoría, por ejemplo, las corrientes positivas que buscan delimitar las fronteras de la ciencia contra toda incursión de carácter metafísico, cuya intención es fijar los principios y métodos de la ciencia. Esta era la intención de Comte, creía erróneamente que la ciencia solo se ocupaba de los fenómenos y no de la naturaleza de las cosas (Kornblith, 1988); igualmente pensaba que la ciencia produce

leyes, e ignora por otra parte la producción o causalidad de esas leyes.

También se colocan en esta corriente: el neopositivismo de Mach con el fenomenismo sensorial (1948) y Schilick con el logicismo (2001), el primero basado en la percepción y el segundo basado en la lógica matemática; los trabajos de Cournot, filósofo de las ciencias, quien distinguió, en la jerarquía de los conocimientos, la interpretación probabilista como fundamento de la inducción y la demostración formal como producto sólo de la lógica (1877); Brunschvicg habla de las etapas de la filosofía de la matemática en función de su desarrollo mismo, a la vez que hace un análisis de las raíces de la verdad aritmética, algebraica y geométrica, en el terreno de la psicología del sujeto (1912); Cassirer realizó trabajos sobre el conocimiento físico, matemático y químico, teniendo en cuenta el alcance de las teorías einstenianas en el campo epistemológico (1937); Mayerson elaboró trabajos sobre la discordancia entre la ciencia real y el positivismo, sobre la necesidad de la explicación causal y de la deducción, así como sobre el papel de la identificación en la causalidad y la deducción de la misma (1929); Bachelard sobresale por sus estudios en torno de la física y la filosofía (1995); Koyré, hombre de estructura matemática y gran historiador de las formas de pensamiento (1990).

La reflexión epistemológica al interior de las ciencias se presenta como un hecho nuevo e interesante en la epistemología contemporánea. En efecto, en el desarrollo de las ciencias se presentan ciertas crisis como consecuencia de la interpretación de los datos experimentales o por las mismas construcciones deductivas, lo que obliga a una crítica de los conceptos, métodos y principios, para determinar su valor epistemológico.

En estos casos la crítica es instrumento de progreso científico; se pretende así la organización de los fundamentos por las mismas personas que los están utilizando (Kim, 1993). Esta reflexión crítica interesa a todas las disciplinas científicas o, por el contrario, puede ser de índole subjetiva, como cuando se presentan contradicciones entre el trabajo científico y la filosofía

propia del investigador. La epistemología interna a las ciencias, destinada a esclarecer los problemas fundamentales del conocimiento científico, tiene un gran incremento en las matemáticas, especialmente con Hilbert, Bernays, Ackermann y Brouwer (Prigogine and Stengers, 1990). Esta epistemología matemática nació de los progresos de la lógica y de los esfuerzos de los lógicos por reducir la matemática a una lógica, especialmente Frege, Whitehead y Russell (Malachowski, 1990); como reacción a este propósito de reducción se levantaron Poincaré y Gödel (Keller, 1992).

La Física también hizo logros en el campo epistemológico al tratar de resolver problemas internos, propios de una ciencia en desarrollo, como los problemas que surgieron con la teoría de la relatividad; lo mismo que los análisis de los fenómenos macro-físicos, donde los conceptos habituales, como el continuo espacial y temporal, permanencia en los objetos; la causalidad determinista y hasta la objetividad en general, se vieron totalmente cuestionadas (Grint and Gill, 1995). El mundo micro-físico parece regularse por normas muy distintas a las que rigen para el mundo macro-físico; los problemas epistemológicos de la biología surgen en la medida en que enfrente grandes problemas, como los mecanismos de la evolución, las relaciones entre el sujeto -biólogo- y el objeto -organismo-, y las interacciones entre el organismo y el medio (Bledin, 2008).

De igual forma, se presentan problemas como la organización vital o fisiológica y su relación con la organización mental del sujeto cognoscente; las ciencias humanas, por su parte, plantean grandes problemas epistemológicos, especialmente en lo que atañe a los tipos de conocimiento propios de cada una de ellas; así como las relaciones entre la deducción y la experiencia, los modelos abstractos de esas disciplinas, los modos posibles de la adquisición del conocimiento por el sujeto en cada una de las etapas del desarrollo o como un sujeto socializado. Igualmente, otro de los grandes problemas es la sociología del conocimiento, que pretende explicar las estructuras mentales siempre con un fundamento de carácter social (Lowe, 2004).

## FILOSOFÍA DE LA CIENCIA, TEORÍA DEL CONOCIMIENTO Y EPISTEMOLOGÍA

A veces aparecen las expresiones “filosofía de la ciencia o de las ciencias” y “epistemología” como equivalentes. Sin embargo, y según el recuento histórico hecho, tienen un matiz de diferencia: la tarea de la filosofía de la ciencia es una tarea exclusivamente crítica en relación con el saber científico; la filosofía se coloca desde fuera para juzgar la actividad científica y sus resultados, y cumple en este caso una función puramente ideológica; *“la filosofía es conservada en la ciencia como crítica... La herencia de la filosofía se traslada más bien a la actitud de la crítica ideológica, actitud que determina el método del mismo análisis científico. Pero fuera de la crítica, no le queda ningún derecho a la filosofía”* (Habermas, 1995).

La epistemología, por su parte, asume una función crítica de la ciencia pero desde dentro, en el campo específico de la historia del pensamiento científico y en sus relaciones con la sociedad en que éste aparece; su tarea es una tarea positiva de construcción del saber científico en el campo mismo de la ciencia. Mientras que la filosofía de la ciencia se ocupa de temas como el concepto de causalidad en las ciencias, el valor de la experiencia sensible, la mensurabilidad de los hechos humanos, entre otras (BonJour, 1994); la epistemología se pregunta por los obstáculos de la investigación científica, la historia de las ciencias, las relaciones entre los intereses del conocimiento científico y los intereses sociales, las relaciones entre las ciencias, es parte de la teoría del conocimiento, que se ocupa de todas las formas posibles del mismo, de su validez y confiabilidad, de sus alcances y de sus límites (Carvalho et al, 2009).

Existe por ejemplo una verdad del arte que es diferente a la verdad de la ciencia, lo mismo pasa con el conocimiento religioso. La epistemología sólo se ocupa del saber científico, y en este sentido estaría supeditada a una teoría del conocimiento y, en última instancia según Habermas, a una teoría de la sociedad.

Una teoría de la ciencia, una ciencia de las ciencias, tampoco se considera en el



proyecto epistemológico y por eso no se debe confundir a la epistemología con la teoría de la ciencia que, en último término, sería una especie de metateoría científica. Esta posibilidad imposibilitaría el ejercicio de la reflexión y de la crítica epistemológica. Una teoría de la ciencia encontraría especiales dificultades en la definición de su campo temático: ¿cuál sería el objeto de estudio de una ciencia de las ciencias? Tampoco se puede prescindir fácilmente de la función que desempeña el sujeto cognoscente en la producción del conocimiento científico (Myers, 1992).

### TAREAS Y PROBLEMAS DE QUE SE OCUPA LA EPISTEMOLOGÍA

Luego de precisar el concepto de epistemología a través de un repaso general de los principales acontecimientos en la historia del pensamiento, que condujeron a su aparición en este siglo, y después de definir su objeto de estudio en relación con disciplinas que le son afines, es necesario definir las principales tareas y problemas de que se ocupa la reflexión epistemológica.

- *La epistemología se ocupa de la evaluación normativa de las teorías científicas* (Rorty, 2000). La pregunta a la que respondería la epistemología en este caso sería la siguiente: ¿existen condiciones universalmente aceptables que una teoría debe cumplir para que pueda decirse que es mejor que otra? Por ejemplo, ¿sobre qué base puede afirmarse que el psicoanálisis es más explicativo de los hechos de la conciencia que la teoría conductista? La epistemología debe ocuparse de responder a este cuestionamiento por varias razones: 1) para proteger a las ciencias del anarquismo epistemológico y del relativismo cultural; las teorías científicas tendrían el mismo rango que cualquier creencia y que cualquier opinión; 2) para establecer límites entre la ciencia y la pseudociencia; y 3) para evitar el elitismo de los científicos; solo los que hacen la ciencia podrían hablar de ella.
- *El análisis del método científico* (Goldman, 1986). El método es la columna vertebral del saber científico y la reflexión que se haga sobre él supone una mirada a la ciencia desde adentro. Las teorías científicas son conjuntos sistematizados de hipótesis o enunciados

generales verificables. Así, las teorías científicas no se darían sin un conjunto de procedimientos en el que se plantean los problemas y se someten a prueba las posibles soluciones -hipótesis-, y éste es el método científico. La epistemología debe ejercer su función crítica en todas las etapas de este proceso.

- *La epistemología es crítica del pensamiento científico desde el punto de vista de su desarrollo histórico* (Lecourt, 1987). La comprensión completa del problema del valor y de la fiabilidad del conocimiento científico, sólo se pueden obtener consultando las contingencias del desarrollo de las ciencias en general y en particular: el hombre que es quien produce la ciencia, es un ser histórico; el progreso científico; los obstáculos de la investigación por parte del epistemólogo que quiere adoptar una actitud crítica frente a la ciencia, y la historia de las ciencias que le permite al epistemólogo instalarse en el ámbito más amplio de comprensión de los fenómenos científicos.
- *La Epistemología vincula la producción científica al hecho mucho más comprensivo de la producción social* (Hobart, 1993). La actividad científica es una actividad de producción del conocimiento y, por lo tanto, se vincula a todas las demás formas de producción en las que el fenómeno interactivo y social juega un papel capital. El desarrollo del conocimiento en el individuo está firmemente atado a su destino social, no sólo desde el punto de vista histórico, sino desde el punto de vista de las formas de interiorización previstas por esa disciplina social que se llama pedagogía.

### EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LAS CIENCIAS

La historia sirve para explicar las cosas, pero quizás en mayor proporción, para comprenderlas mejor. Nuestras relaciones con el saber de las ciencias varían según la perspectiva que se adopte; la perspectiva histórica permite una mayor aproximación valorativa y crítica a aspectos del conocimiento, que todavía pueden no haber sido cuestionados por la humanidad. Queda como tarea, para la investigación individual, el buscar adentrarse en el conocimiento de la historia de cada una de las ciencias y sus relaciones con el mundo cultural. Hay algo de

innegable valor para quien orienta la adquisición del conocimiento: todo saber tiene su historia; enseñar el saber científico como un saber definido y definitivo en forma acrítica y de espaldas a la historia, tiene repercusiones en la formación del espíritu científico (Kornblith, 1983).

Es claro que la filosofía de las ciencias es un intento por establecer su historicidad. El grado de adelanto de una ciencia no se mide por su capacidad de explicar el mayor número de hechos, ni por su alejamiento de un estadio ideal de la ciencia como saber total y absoluto que engloba todos los objetos; una ciencia no adelanta sino comparativamente consigo misma, con sus fundamentos, o mejor, no avanza sino ampliándose, dando a sus conceptos de base la más grande extensión. El desarrollo de una ciencia no puede asimilarse a un progreso del espíritu humano -al menos no directamente-, o a un mejor conocimiento del mundo; son más bien los progresos del espíritu y el conocimiento del mundo los que hallarán su definición y su noción misma a través del desarrollo de una ciencia (Kanbur, 2002).

En efecto, en la perspectiva de Bachelard, ¿qué resulta ser el espíritu? Es, dice, "*la suma de las ideas verificadas*", es la verificación del científico. Lo que aquí se recusa es la dependencia de la ciencia con respecto a los puntos de referencia absolutos y fijos. Lo real, y hay que ver en ello una auténtica definición, no es "creer", es "*siempre lo que se habría debido pensar*" (1989). Lo que equivale a decir que, antes de utilizarse la ciencia, no se puede decir de lo real nada que no sea palabrería o creencia vana.

El movimiento de la ciencia es esencialmente retrospectivo, y sólo tardíamente designa a la vez sus propios fundamentos, el modo más conveniente de proceder para llegar racionalmente a donde se está, y lo que se debe pensar de lo real. Si se piensa en la diferencia que separa la búsqueda de la solución de un problema, de su exposición en forma de demostración, se tendrá una idea de este doble movimiento (Brockman, 2000). La cuestión es saber si la ciencia es una historia de la que dependen el espíritu y lo real, la primera disciplina que debe desarrollarse ¿no es acaso precisamente la historia de las ciencias? Y, la epistemología

en su conjunto, ¿no debe ser la ciencia de esta historia? Bachelard sigue de hecho este camino, pero lo distingue del trabajo propio de la epistemología, que es un supuesto necesario. Si ha de ser algo distinto de la mera exposición de hechos brutos y desprovistos de sentido, la historia de las ciencias debe tomar como punto de partida, por decirlo así, la llegada o el término; en otras palabras, debe proceder retrospectivamente partiendo del estado final de la ciencia considerada (Álvarez, 2004). Pero hay que puntualizar una diferencia considerable que separa tal proyecto del que la tradición entregara a Bachelard, y es que las ciencias tienen un doble pasado: uno es parte integrante de su historia, y el otro pertenece a la historia de los hombres, pero constituye más bien la prehistoria de la ciencia correspondiente (Goldman, 1978).

#### **IMPORTANCIA DE ESTE ESTUDIO EN LA REFLEXIÓN EPISTEMOLÓGICA**

El aspecto histórico de las ciencias es una de las exigencias más importantes de una reflexión epistemológica que aspire a convertirse en una auténtica crítica; recordemos que si la epistemología no es crítica, no es epistemología. El pensamiento científico en general, y cada una de las ciencias en particular, tuvieron su origen y desarrollo dentro de un marco más amplio: la historia del hombre. Hubo una época en que la ciencia no existía como forma de explicación y, como conocimiento confiable, tampoco todas las ciencias que hoy se conocen existieron desde siempre, ni todas las que existieron se conservan hoy. Una rápida ojeada por la historia del conocimiento humano, confirma que la ciencia no puede comprenderse si se sitúa por fuera de la variable tiempo, en la que tenemos que situar todos los fenómenos humanos. La temporalidad es un factor de crítica y de estudio del conocimiento científico (Latour and Woolgar, 1979).

Sin embargo, surgen estos interrogantes: ¿para qué se indaga el pasado de una forma de conocimiento que tiene, en la época contemporánea, la más amplia de las aceptaciones? ¿Acaso no es la ciencia el eje de la cultura contemporánea? ¿No será perder el tiempo, detenerse a considerar aquellos aspectos del desarrollo del conocimiento científico ya superados, en vez

de intentar comprender la forma como la ciencia responde a las necesidades y problemas del hombre actual? Bachelard (1989), quien habla de la *“esencial modernidad de la ciencia contemporánea”*, quiere decir con esto que una de las condiciones básicas del pensamiento científico es la de su actualidad, llama también la atención sobre la importancia de no abandonar la perspectiva histórica: *“para hallarse en el punto de cultura en que se puede participar del progreso de la ciencia, es preciso, por supuesto, conocer los progresos anteriores”*.

Así mismo, la historia permite considerar los avances, los detenimientos y los reciclajes del pensamiento científico en forma independiente, de tal manera que puede juzgarse el proceso de desarrollo de cada ciencia en particular, sus relaciones con otras ciencias, sus conflictos metodológicos internos y sus posibilidades teóricas (Snow, 1964). Con esto se obtendría una historia desde dentro, de incalculable valor para valorar sus posibilidades.

Por lo tanto, la historia de las ciencias representa para el epistemólogo un instrumento crítico de considerable importancia, bien sea porque le permite vincular la investigación científica al desarrollo de la cultura general y a la evolución social, o bien porque le ayuda a formarse una mirada interior sobre la formación y constitución del propio pensamiento científico.

## **HISTORIA DE LA CIENCIA VS HISTORIA DE LAS CIENCIAS**

La historia de la ciencia puede entenderse como una gran totalidad, en la que aparecen contenidas todas las manifestaciones del espíritu científico a lo largo del tiempo. La historia de las ciencias considera etapas, períodos o estadios en la historia del conocimiento humano, y busca explicar en cada uno de ellos el papel que desempeña la ciencia como forma de conocimiento diferente a lo que no es ciencia -el mito, la magia, la teología, la filosofía,... (Eraña, 2003). Esta visión la propone el positivismo, por ejemplo, que considera la historia del espíritu humano como la historia de la implantación del espíritu positivo o científico: la humanidad pasó primero por un estadio religioso, después por uno metafísico,

y, finalmente, llegó a un estadio científico, el estadio de la ciencia y del saber positivo (Wolpert, 2000).

En este sentido positivista, la ciencia aparece como la última y más perfecta etapa del desarrollo del conocimiento humano, que busca resolver los problemas del hombre y que se constituyen en explicación confiable de la realidad (); en otras palabras, en la forma absoluta de conocimiento. Esta interpretación positivista de la historia tiene enorme acogida entre los científicos y círculos de investigadores en todas las ciencias (Nagel, 1981).

Existen otras visiones generales sobre la evolución del pensamiento científico en la historia del hombre, diferentes al positivismo. Bachelard (1995), por ejemplo, propone un modelo global de la historia de la ciencia, en el que considera tres períodos: 1) el período pre-científico, va desde la antigüedad hasta el renacimiento, cuando aparece el problema del método como eje central de la evolución de la ciencia; 2) el período científico, que cubre la época entre el renacimiento y el final del siglo XIX; y 3) el nuevo espíritu científico, que corresponde a las realizaciones de la ciencia contemporánea.

## **REVOLUCIONES CIENTÍFICAS Y PARADIGMAS**

Kuhn (2006) define las revoluciones científicas como *“aquellos episodios de desarrollo no acumulativo de la ciencia en los que un antiguo paradigma es reemplazado, completamente o en parte, por otro nuevo e incompatible”*. Revoluciones científicas fueron en su momento las producidas por la aparición de teorías como la biología molecular, el evolucionismo por selección natural, la aplicación de las matemáticas en las ciencias sociales, la inducción electromagnética,... El evolucionismo darwiniano, por ejemplo, entró a reemplazar el paradigma del fijismo -fijismo- anterior y, aunque no resolvió problemas como el de la herencia, se constituyó en un paradigma para la biología. Los paradigmas, continua Kuhn, *“son realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica”*.

Las definiciones de paradigma y revolución científica adquieren importancia relevante en la historia de las ciencias, y permiten concluir que esta historia no es como las demás historias ya que supone crecimiento y avance. En la historia de las ciencias no hay regresiones o períodos de involución, aunque a veces se den estancamientos y épocas de inactividad (Foley, 1987). La idea de progreso científico juega un papel capital en la historia de las ciencias; progreso científico quiere decir que toda verdad que es encontrada por la ciencia, aparece como el punto de llegada de un largo camino de esfuerzo y de investigación, y como un punto de partida para una nueva búsqueda. La ciencia se presenta como un movimiento de continua superación y mejoramiento; el conocimiento científico aparece como si permanentemente creciera y aumentara, afirmándose y abriéndose a nuevas posibilidades; la historia de las ciencias es una historia positiva de paradigmas o modelos que son superados por otros.

El eje central de la historia de las ciencias, según Bachelard (1989), está dirigido en el sentido de una comprensión que se mejora y de una experiencia que se amplía; una de las condiciones más importantes del pensamiento científico es su condición de apertura, de búsqueda y creación incesante. ¿Cuál sería pues, la función del estudioso de la epistemología ante una historia así descrita?

La reflexión epistemológica debe entrar a ponderar los avances científicos, contextualizándolos histórica y socialmente, cotejándolos con los paradigmas que presentan otras ciencias, investigando las fuerzas que los legitiman y los intereses que ocultan; debe ir más allá del simple recuento de los progresos y de los descubrimientos, remitiéndolos al campo ideológico, a descubrir los enlaces racionales del saber para relacionarlos con esa realidad que se encuentra más allá de las revoluciones científicas o, por lo menos, relacionarlos con otro plano del conocimiento: la realidad de la especie humana y sus esfuerzos de constitución y reproducción (Turner, 2003).

## REFERENCIAS

1. Álvarez, M. E. (2004). La guerra de las ciencias y la tercera cultura. Revista digital Cinta de Moebio, No. 19, pp. 12-18.

## CONCLUSIONES

La historia de las ciencias presenta hechos que no sólo tienen que ver con el desarrollo del saber científico, sino que remueven los principios mismos del saber y de la cultura social. Estos replanteamientos se refieren no tanto a una línea de investigación particular o a un descubrimiento aislado, cuanto al campo general del saber científico y filosófico; se conocen con el nombre de "*rupturas epistemológicas*" (Krynine, 1956). La ruptura es un punto de no retorno en el conocimiento, un enfoque totalmente diferente de la totalidad de los problemas de la ciencia y de la cultura. Las revoluciones científicas tocan el campo determinado de una ciencia, las rupturas suponen la instauración de una nueva racionalidad, la aparición de una "*episteme*" completamente distinta.

Cuando Copérnico formuló su teoría de que no era la tierra el centro del universo sino el sol no estaba únicamente reemplazando el paradigma del geocentrismo por el del heliocentrismo y causando una revolución científica en la astronomía o en la física, su descubrimiento ponía en tela de juicio hasta la simple observación sensible, el conocimiento común, que hacía ver al sol como si le diese vueltas a la tierra (Kuhn, 2006). Cuestionaba también su planteamiento la veracidad misma de la biblia y la autoridad de filósofos tan importantes como Aristóteles; es decir, ponía en jaque la autoridad del conocimiento de su época. Copérnico produjo una ruptura epistemológica con su teoría.

Salta a la vista, por consiguiente, la importancia que tiene para la epistemología todo aquello que en la historia de las ciencias aparece con la categoría de "ruptura"; el simple estudio de las rupturas epistemológicas justifica la importancia de historiar las ciencias desde el punto de vista de la filosofía, porque es en ellas donde se patentiza la unidad del saber humano y el aporte de las ciencias en el desarrollo de este saber.

2. Bachelard, G. (1989). *El compromiso racionalista*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno.
3. Bachelard, G. (1995). *La formación del espíritu científico*. México: Siglo XXI.
4. Bledin, J. (2008). Challenging epistemology: Interactive proofs and zero knowledge. *Journal of Applied Logic*, Vol. 6, No. 4, pp. 490-501.
5. Bonjour, L. (1976). The coherence theory of empirical knowledge. *Philosophical Studies*, Vol. 30, pp. 281-312.
6. Bonjour, L. (1994). Against naturalized epistemology. *Midwest Studies in Philosophy*, Vol. 19, pp. 283-300.
7. Bourdeau, M. and Chazel F. (2002). *Auguste Comte et l'idée de science de l'homme*. París: L'Harmattan.
8. Brockman, J. (2000). *La tercera cultura: más allá de la revolución científica*. Barcelona: Tusquets.
9. Brunschvicg, L. (1912). *Les étapes de la philosophie mathématique*. Paris: Alcan.
10. Bunge, M. (1981). *Epistemología*. Barcelona: Ariel Seix-Barral.
11. Bunge, M. (1988). *La ciencia, su método y su filosofía*. Buenos Aires: Siglo XX.
12. Carvalho, L., Dong A. and Maton K. (2009). Legitimizing design: a sociology of knowledge account of the field. *Design Studies*, Vol. 30, No. 5, pp. 483-502.
13. Cassirer, E. (1937). *Determinismus und Indeterminismus in der modernen Physik*.
14. Cloquell, J. E. (2006). *Variaciones del pragmatismo en la filosofía contemporánea*. México: Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
15. Cournot, A. A. (1877). *Materialismo, vitalismo y racionalismo*. París: Gray.
16. Duque, F. (1998). *Historia de la Filosofía Moderna. La era de la crítica*. Madrid: Akal.
17. Eraña, A. (2002). Creencia, racionalidad y agencia cognoscitiva. *Theoria*, Vol. 17, No, 43, pp. 137-159.
18. Eraña, A. (2003). Normatividad epistémica y estructura heurística del razonamiento. *Crítica*, Vol. 35, No. 104, pp. 69-108.
19. Eraña, A. and Martínez S. (2004). The heuristic structure of scientific knowledge. *Journal of Cognition and Culture*, Vol. 4, No. 3-4, pp. 701-729.
20. Foley, R. (1987). *The theory of epistemic rationality*. USA: Harvard University Press. 335 p.
21. Galassi, J. G. (1999). *Lógica y epistemología de la ciencia social*. Cinta de Moebio: Revista Electrónica de Epistemología de Ciencias Sociales, No. 5.
22. Giere, R. N. (1990). *Explaining Science. A Cognitive Approach*. Chicago: University of Chicago Press.
23. Gigerenzer, G. (1991). On cognitive Illusions and Rationality. *Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities*, No. 21, pp. 225-249.
24. Gigerenzer, G. (1992). Discovery in cognitive psychology: new tools inspire new theories. *Science in Context*, Vol. 5, No. 2, pp. 329-350.
25. Goldman, A. I. (1980). The internalist conception of justification. *Midwest Studies in Philosophy*, No. 5, pp. 27-51.
26. Goldman, A. I. (1978). Epistemics: The regulative theory of cognition. *Journal of Philosophy*, No. 75, pp. 509-523.
27. Goldman, A. I. (1986). *Epistemology and cognition*. Cambridge: Harvard University Press.
28. Grint, K. and Gill R. (1995). *The gender-technology relation: contemporary theory and research*. Contemporary theory and research. London: Taylor & Francis.
29. Habermas, J. (1995). *Conocimiento e interés*. Madrid: Ed. Taurus.
30. Hobart, M. (1993). *An anthropological critique of development. The growth of ignorance*. London: Routledge.
31. Kanbur, R. (2002). Economics, Social Science and Development. *World Development*, Vol. 30, No. 3, pp. 477-486.
32. Kant, I. (1993). *Crítica de la razón pura*. Madrid: Alfaguara.
33. Keller, L. S. (1992). Discovery and doing: science and technology, an introduction. In: G. Kirkup and Keller, L. S. *Inventing women. Science, technology and gender*. London: Polity Press/The Open Univesity.
34. Kim, J. (1993). What is naturalized epistemology? Louis P. Pojman (Ed.), *The Theory of Knowledge*. California: Wadsworth Inc.
35. Kornblith, H. (1983). Justified Belief and Epistemically Respolnsible Action. *Philosophical Review*, No. 92, pp. 33-48.

36. Kornblith, H. (1988). What is naturalistic epistemology? *Naturalizing Epistemology*. Cambridge: The MIT Press.
37. Koyré, A. (1990). *Estudios de historia del pensamiento científico*. Madrid: Siglo XXI. 394 p.
38. Krynine, P. D. (1956). Uniformitarianism is a dangerous doctrine. *Journal of Palaeontology*, No. 30, pp. 1003-1004.
39. Kuhn, T. (2006). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de la Cultura Económica.
40. Latour, B. and Woolgar S. (1979). *Laboratory life: the social construction of scientific facts*. USA: Sage Publications.
41. Lecourt, D. (1987). *Para una crítica de la epistemología*. Madrid: Siglo XXI.
42. Lowe, A. (2004). Methodology choices and the construction of facts: some implications from the sociology of scientific knowledge. *Critical Perspectives on Accounting*, Vol. 15, No. 2, pp. 207-231.
43. Mach, E. (1948). *Conocimiento y error*. Buenos Aires: Espasa-Calpe.
44. Malachowski, A. (1990). *Reading Rorty: Critical responses to philosophy and the mirror of nature*. New York: Wiley-Blackwell
45. Martínez, M. (1997). *El paradigma emergente. Hacia una nueva teoría de la racionalidad científica*. Barcelona: Gedisa.
46. Mayerson, E. (1929). *Identidad y realidad*. Madrid: Reus.
47. McDermid, D. (2000). Does epistemology rests on a mistake? Understanding Rorty on Scepticism. *Crítica: Revista Hispanoamericana de Filosofía*, Vol. 32, No. 96, pp. 3-42.
48. Myers, G. A. (1992). Textbooks and the sociology of scientific knowledge. *English for Specific Purposes*, Vol. 11, No. 1, pp. 3-17.
49. Nagel, E. (1981). *La estructura de la ciencia*. Madrid: Paidós.
50. Prigogine, I. and Stengers I. (1990). *La nueva alianza. Metamorfosis de las ciencias*. Madrid: Alianza Universidad.
51. Rorty, R. (2000). *El pragmatismo, una versión. Antiautoritarismo en epistemología y ética*. Barcelona: Ariel.
52. Rorty, R. (2001). *La Filosofía y el espejo de la naturaleza*. Madrid: Cátedra.
53. Schlick, M. (2001). *Filosofía de la naturaleza*. Madrid: Espasa.
54. Snow, C. P. (1964). *The two cultures and a second look: an expanded version of the two cultures and the scientific revolution*. USA: Cambridge University Press.
55. Sosa, E. (1992). *Conocimiento y Virtud Intelectual*. México: Fondo de cultura económica.
56. Turner, S. (2003). The third science war. *Social Studies of Science*, Vol. 33, No. 4, pp. 581-611.
57. Wolpert, L. (2000). *The unnatural nature of science*. London: Faber and Faber.



## **INFLUENCE OF ENGINEERING IN THE COMMERCIAL DEVELOPMENT OF HUMANITY: ANCIENT AGE**

### **ABSTRACT**

*Basically, trading is the exchange of goods, services or both. In antiquity, the real face of trading was bartering, which consisted of the direct exchange of goods and services. Today traders usually bargain with money as a exchange mean, so that its invention made trading easier. Trading can be caused by the specialization and division of work or because a region has a comparative advantage in producing a tradable good. But in the same way, in order to develop trade, the help and development of specific areas that offered engineering were needed. This paper is a description of the influence of engineering in the development of global trading from ancient times to the fall of the Roman Empire.*

**Keywords:** Engineering, trade, exchange, money, goods and services.

## **INFLUENCIA DE LA INGENIERÍA EN EL DESARROLLO COMERCIAL DE LA HUMANIDAD: EDAD ANTIGUA**

**Ana María Saravia G., Luisa Fernanda Amorim**

Grupo de investigación de Sociedad del Conocimiento, SOÇA, Brasil.

[gruposoca@latinmail.com](mailto:gruposoca@latinmail.com)

(Artículo de REFLEXIÓN) (Recibido el 17 de abril. Aceptado el 4 de junio de 2009)

### **RESUMEN**

Básicamente, el comercio es el intercambio de mercancías, de servicios o de ambos. En la antigüedad, la cara real del comercio era el trueque, que consistía en el intercambio directo de bienes y servicios. Hoy, los comerciantes negocian generalmente con dinero como medio de intercambio, por lo que su invención hizo más simple comerciar. El comercio puede darse por la especialización y división del trabajo o porque una región tiene una ventaja comparativa en la producción de algún bien comercializable. Pero de la misma manera, para poder desarrollar el comercio, se necesitó de la ayuda y el desarrollo de áreas específicas que la ingeniería brindó. En este trabajo se hace una descripción de la influencia de la ingeniería en el desarrollo del comercio mundial desde la antigüedad hasta la caída del Imperio romano.

**Palabras clave:** Ingeniería, comercio, intercambio, dinero, bienes y servicios.

### **INTRODUCCIÓN**

La importancia del desarrollo de la ingeniería en las relaciones políticas, comerciales y culturales en el mundo, fue primordial para lograr el desarrollo integral de las naciones. En lo comercial, no existe una nación considerada autosuficiente y que no requiera del concurso y el apoyo de otros países; inclusive las naciones más poderosas necesitan recursos de los que carecen y que, a través de negociaciones y acuerdos, logran para satisfacer necesidades y carencias.

Los aportes de la ingeniería al desarrollo mundial del comercio son notables, brindó el soporte para que las naciones, desde los orígenes mismos de las actividades de intercambio, llevaran a cabo las negociaciones que le permitiera a las sociedades primitivas mejorar sus niveles de

vida, y les propició su desarrollo (Anderson, 1801). A medida que la ingeniería progresa, sus aportes se hacen a mayor escala y el comercio llega a convertirse en motor esencial de progreso, al punto que se restringen otras áreas de desarrollo debido a que pierden vigencia ante éste (Day, 1922).

El presente trabajo es fruto del desarrollo de una investigación bibliográfica, y su objetivo es realizar un análisis de la influencia que la ingeniería tuvo en el desarrollo del comercio a lo largo de la historia de la humanidad. En esta entrega se hace el análisis de esta relación desde la antigüedad hasta comienzos del siglo XX; se analiza la historia del comercio y el impacto que para su desarrollo tuvo cada aporte ingenieril en cada momento de la historia antigua.

## LA ANTIGÜEDAD

Aunque el hombre prehistórico habitara todavía en las cavernas, en ciudades lacustres y en sitios agrestes, donde se podía defender de los animales feroces y de los elementos, los pueblos se relacionaban contantemente entre sí. Los instrumentos de piedra, de hueso, de arcilla, de cobre, de bronce y de hierro que de los tiempos prehistóricos se conservan, demuestran que el hombre, para luchar contra la naturaleza y contra sus semejantes, inventó las primeras industrias al forjar sus armas (Arndt et al, 2003). La edad del hierro, principalmente, produce instrumentos de gran utilidad para la vida, que representan un paso decisivo en pro de la civilización (Dopsch, 1943). Iniciadas las primeras industrias, surgió espontáneamente la necesidad de intercambiar productos por otros, agrícolas o pecuarios; la caza y la pesca se perfeccionaron; se utilizaron los animales domésticos, y con la permuta, que fue la forma primitiva del comercio, se inició la navegación y el transporte (Goguet and Fugère, 1758), (Williams, 1979).

La base de la vida era la agricultura, por lo que la civilización tuvo su cuna en las cuencas de los grandes ríos, donde el hombre, saliendo de su estado salvaje, llegó a edificar ciudades y constituir estados poderosos. La existencia de un vegetal rico en principios nutritivos, fácil de cultivar y dotado de fecundidad, secundado por un clima benévolo y la fertilidad natural del suelo, determinaron la formación de los primeros pueblos históricos: sucedió en China con el arroz, en la India con el arroz y el mijo, en Asiria y Egipto con el dátil, el trigo... (Dopsch, 1943).

## LOS EGIPCIOS

La antigüedad del pueblo egipcio, constituido ya como estado civilizado, se remonta al 5004 A.C. El clima y las periódicas inundaciones del Nilo favorecieron considerablemente la agricultura; sin embargo, los vestigios que esta sociedad dejó demuestran que fue un pueblo industrial, que produjo hilados y tejidos perfectos, objetos manufacturados de piedra y de metal, instrumentos musicales, entre otros (Williams, 1979); llegaron a embalsamar, lo que significa un gran progreso en la química y la medicina. Pero dada la división de la sociedad en castas, sólo ejercían el comercio

dos clases distintas: la de los traficantes y la de los pilotos (El Salam, 2002).

El comercio interior alcanzó especial desarrollo y se efectuaba por numerosos caminos, terrestres e hidráulicos. El Nilo era la gran arteria comercial entre el Alto y el Bajo Egipto. Hasta los tiempos de los faraones Psamético y Neco, la superstición popular impidió la navegación marítima, ya que consideraban el mar era un elemento impuro, además, si se añade la falta de bosques, materia prima para las construcciones navales, se halla la causa por la que el comercio marítimo de Egipto estuvo en manos de extranjeros: el del Mar Rojo y de la India los efectuaban árabes y fenicios, y el del Mediterráneo, fenicios y griegos. Fue famoso el canal que empezó el faraón Neco para unir el Mar Rojo con el río Nilo y facilitar el tráfico (Carreño, 1949).

El comercio terrestre lo hacían las caravanas, que llegaban a Egipto por tres vías distintas: el istmo de Suez, por donde los árabes traían aromas y resinas, que se consumían mucho en los embalsamamientos; por el Occidente, atravesaban el desierto de Barca, para llegar por el oasis de Aromon a Zuila, en el Fezzán; y por el Sur, remontaban las riberas del Nilo en dirección a Etiopía y a las costas orientales de África, donde hallaban las naves árabes y fenicias que traían productos de Persia y de India. Conquistado por los Persas en 525 A.C., Egipto perdió toda su importancia política y económica, que sólo recobró cuando Alejandro Magno lo incorporó a su imperio y fundó Alejandría (Cruselles, 1991).

## LOS ASIRIOS

Las fértiles riberas del Tigris y el Éufrates fueron, como las del Nilo, teatro del pueblo asirio, una civilización antiquísima que, con su capital Nínive, alcanzó singular esplendor; aunque luego fue aventado por la capital de los caldeos, Babilonia, que llegó a ser la ciudad más suntuosa y rica de Oriente (Neville, 2007). El suelo de Caldea, hoy desierto e improductivo, producía cereales y dátiles en abundancia, gracias a la intrincada red de canales que lo fertilizaban, y que además, favorecían las comunicaciones interiores (Williams, 1979). Situada en inmejorable sitio para el tráfico que de la India se dirigía a Occidente remontando el golfo Pérsico, el Éufrates y el Tigris,



Babilonia fue un centro comercial de gran importancia a la que se dirigían las caravanas de Siria, Armenia, Arabia y Asia Menor.

Sus flotillas innumerables navegaban por el Éufrates y el Mar Eriteo. Sus industrias producían: tejidos de lino y algodón, notables por su finura, dibujo y colorido; tapices que eran famosos por su riqueza y acabada confección; armas, perfumes y piedras preciosas labradas (Beard, 1938). La decadencia de Babilonia se inició cuando los fenicios se convirtieron en los intermediarios universales del tráfico. Alejada del Mediterráneo y conquistada por Ciro rey de los persas en 538 A.C., perdió toda su importancia comercial. Las tablas descubiertas en Hillah en 1876, demuestran que existía en Babilonia una casa bancaria, cuya razón social era *Egibi e hijos*, que prestaba dinero a plazo fijo sobre valores inmuebles y se encargaba de la venta de terrenos y esclavos (Universidad Autónoma de Barcelona et al, 2007).

#### **LOS PERSAS**

El imperio persa, que en el siglo VI A.C. reunió a los pueblos asirio-babilónicos y Egipto, desarrolló el comercio asiático en favor de su organización política. Implementaron la seguridad de los caminos y el establecimiento de correos; diseñaron buenas vías de comunicación y un sistema monetario racional (Williams, 1979). Darío, hijo de Cambises, fomentó la prosperidad económica que conservaron durante mucho tiempo las ciudades de Susa, Bactra y Samarcanda, importantes centros de caravanas. Samarcanda era el lazo del tráfico de la seda con la China. El tráfico con los pueblos vecinos se basaba principalmente en productos de la India, a la que exportaba tapices, esmaltes, mosaicos, muebles, etc. (Day, 1941).

#### **LOS ÁRABES**

El pueblo árabe, dueño de los desfiladeros y desiertos del Asia Menor, es en la historia comercial el intermediario entre Egipto, Etiopía y la India. Su territorio, poco apto para el cultivo, era favorable a la cría de carneros, camellos y caballos, de los que producía especies diversas. También exportaba goma, mirra, incienso, perfumes, piedras preciosas, pieles y varias clases de frutas, productos muy solicitados por los países limítrofes; también las perlas del

archipiélago de Bahrein, de cuyo monopolio disfrutaron durante siglos. El tráfico marítimo lo ejercieron antes que los mismos fenicios, siendo los primeros en aprovechar los vientos monzones para la navegación (Williams, 1979). Petra fue el centro de su comercio y el lazo de unión entre naves y caravanas. A pesar de su excelente situación geográfica, Arabia sólo llegó a desarrollar plenamente su comercio bajo la dominación romana (Helguera y García, 2006).

#### **LOS ISRAELITAS**

Constituido en reino por Saúl y elevada Jerusalén a capital del mismo por David, los israelitas, dueños al fin de las tierras que les prometieron sus antiguos profetas, dieron muestras de su capacidad comercial al establecer el intercambio de productos con los países limítrofes y comerciar con la India. En tiempo de Salomón, navegaron con los fenicios por el Mar Rojo en busca de la tierra de Ofir; pero su prosperidad política fue efímera, así como la comercial. Los israelitas probaron su afinidad antropológica con los fenicios, y demostraron su especial aptitud para el comercio durante las diversas cautividades que sufrieron en la antigüedad. Después de su última dispersión por la tierra, siempre fueron -aun en medio de las poblaciones hostiles- un elemento de gran utilidad comercial, ejerciendo profesiones como las de cambista y prestamista, y sirviendo de intermediarios entre los otros pueblos (Marriner et al, 2006).

#### **LA INDIA**

El pueblo indio no fue un pueblo mercantil, pero la magnificencia de sus productos naturales: el marfil, los perfumes, las resinas, el añil y otras materias colorantes, determinó el primer tráfico internacional. Dada su configuración geográfica y sus condiciones climatológicas, una de las cuales es la insuficiencia de las lluvias que siempre causa en el país terribles carestías, tuvo necesidad de la irrigación artificial. Dadas las prescripciones de su religión, que dividían la sociedad en castas, las industrias no podían prosperar ni desarrollarse la agricultura.

Aún así, los indios tuvieron el monopolio natural de gran número de productos como los enumerados, y otros tales como especias, piedras preciosas, tejidos de seda y algodón, trabajos de madreperla, etc. (Williams, 1979). El comercio exterior no lo ejercían

ellos directamente, sino que se valían de pueblos intermediarios: el comercio terrestre lo efectuaban por medio de caravanas que llegaban de Batrás -hoy Turquestán-, y allí enlazaban con las que venían de China, Persia y Armenia; el comercio marítimo hacia el golfo Pérsico y el Mar Negro lo hacían los árabes. A los indios se debe el invento del sistema de numeración decimal y de ellos tomaron los árabes la numeración llamada después arábica (Boccardo, 1942).

### LOS CHINOS

Desde la antigüedad alcanzaron los chinos notable cultura y ejercieron el comercio, para el que estaban dotados de excelentes cualidades. La civilización típica del Extremo Oriente es la China, inmovilizada durante siglos por la desconfianza a todo lo extranjero; pero, a pesar de esto, China no estaba completamente cerrada al comercio exterior: la fertilidad del suelo favoreció la agricultura, que fue siempre fomentada por los poderes públicos; una inmensa red de ríos y canales irrigaba el país y facilitaba el tráfico interno.

Muchos siglos antes que los europeos, los chinos conocieron la imprenta, la pólvora, la brújula, los servicios públicos contra incendios, los tribunales de comercio, los correos, el papel moneda y la letra de cambio (Williams, 1979). Elaboraban inmejorablemente la sal y el té, cultivaban en gran escala el arroz y fabricaban con especial perfección la seda y la porcelana, así como la tinta y otras industrias químicas. Empleaban el plomo y conocían la ley metálica del cobre y del estaño. Ya en el siglo VII A.C. usaban billetes de banco (Wallace et al, 1944).

La China traficaba especialmente con Corea, Japón, Indochina, las islas de Malasia y de Polinesia -lo que significa una gran pericia para navegar-, y con la India. En occidente, desde la antigüedad clásica, se recibía de China la seda, que traían mercaderes partos y que dio a los chinos el nombre de *seres*, tomado del *sericum* con que designaban la seda. Las tradiciones refieren que los *seres* estaban en contacto con los escitas para el tráfico de sus sedas, que conducían a Persia y al mar Caspio, donde la intercambiaban por productos de Asia occidental (Xia, 2005).

Cabe mencionar que mientras en Europa sólo se conocía el Imperio Celeste por conjeturas fabulosas, en los libros chinos, escritos entre el 200 y el 500 A.C., se encontraban numerosas referencias respecto de Siria, Persia, Grecia y Constantinopla. Se comenta que a finales del siglo V un chino, llamado Hoesin, descubrió en oriente, al otro lado del Pacífico, un país al que llamaron Fusang, que algunos creen era América septentrional. Estas referencias bastan para demostrar que los chinos se interesaban por los países extranjeros, sin embargo, toda relación entre China y Europa se interrumpió luego de la introducción del gusano de seda en Constantinopla -siglo VI-, hasta el viaje de Marco Polo -siglo XIII (Gong et al, 2003).

### LOS FENICIOS

El principal foco del comercio en la antigüedad fue el Mediterráneo, por eso los pueblos que llegaron a mayor grado de civilización estaban situados en sus costas, y eran los que más y mejores puertos tenían en ellas; esto es: los fenicios, los cartagineses, los griegos y los romanos. Fue el pueblo fenicio el más comercial de la antigüedad; era originario del golfo Pérsico y se había establecido en la angosta zona de territorio comprendida entre la cordillera del Antilíbano y el Mediterráneo; sus principales ciudades fueron Sidón, Biblos, Trípoli, Berito, Arados, y más que todas ellas, Tiro (Marriner et al, 2006). La vecindad del mar, la estrechez del territorio, el excelente material para las construcciones navales que les ofrecía el Líbano, célebre por sus bosques de cedros, invitaban a los fenicios a los viajes marítimos (Williams, 1979). Luego de explorar el Mediterráneo, abordaron las costas atlánticas y llegaron a las islas de Cabo Verde y las Canarias, y remontaron el mar del Norte hasta el Báltico. Todos estos viajes tenían por objeto el tráfico comercial, pero celosos del desarrollo que tomaba su comercio, guardaban en secreto el resultado de sus descubrimientos geográficos (Schmidt, 1927).

También explotaron con éxito la industria: en los montes de su país y en los de Chipre hallaron cobre y en Iberia plata; iban a Inglaterra a buscar estaño para fabricar bronce; e incursionaron en la industria del vidrio y la cerámica. Se atribuye a los fenicios la invención del alfabeto, y aunque esto se pone hoy en duda, lo cierto es que lo

propagaron por todo el mundo conocido entonces. También se deben sin duda a los fenicios varios de los inventos marítimos más notables: el ánora, las velas, la sonda, el lastre, etc. (Williams, 1979). Para favorecer su comercio, instituyó colonias en el golfo Pérsico, en el Mar Negro, en Sicilia, en Cerdeña, en Iberia y en África. Estas colonias, como todas las que fundaron los pueblos antiguos, eran distintas de las modernas por cuanto la dependencia de la metrópoli era voluntaria y disfrutaban de libertad comercial (Huet, 1793).

El comercio terrestre se efectuaba por tres caminos principales: al Sur, hacia Arabia y hasta la India; al Norte, hacia Armenia y el Cáucaso, y al Este, hacia Asiria y Caldea. De esas regiones traían incienso y aromas, perlas, drogas, tapices, asfalto, asnos, caballos, vino, aceite, papiro, oro y otras mercancías y esclavos que distribuían por todos los puertos mediterráneos. Eran eminentemente industriales, ya que tenían facilidad para proveerse de las materias primas más diversas. Además del vidrio y de la cerámica, fabricaban tejidos de gran valor, púrpura, joyas, muebles, etc.

La hegemonía la tuvo primero la ciudad de Sidón, floreciente ya dos mil años A.C., pero luego de sucumbir ante una invasión de filisteos procedentes de Creta, Tiro acogió a los sidonios fugitivos y alcanzó desde entonces la supremacía. Su esplendor duró hasta la conquista de la ciudad por Nabucodonosor, rey de Babilonia, después de un asedio de trece años. Más tarde, Alejandro puso fin a la existencia de la capital fenicia, destruyéndola en el 333 A.C. y fundando a las bocas del Nilo otra metrópoli comercial: Alejandría (Samhaberred, 1963).

### **CARTAGO**

La decadencia que sufrió Tiro después de sus guerras con los reyes asirios, convirtió a Cartago en heredera del poder y del comercio de los fenicios. Cartago fue la colonia fenicia que más había progresado, siendo a su vez colonizadora y adueñándose de gran parte del litoral africano del Mediterráneo. En sus mejores tiempos extendió sus dominios hasta el golfo de Guinea y llegó a fundar colonias en el Báltico y en España establecieron a Cartagena. De los fenicios heredó las colonias de Sicilia; se

apoderó de las Baleares, de Cerdeña y Córcega, llegando a tener el predominio del Mediterráneo occidental, sin dejar por eso de extender su tráfico terrestre por el continente negro, del Níger al Nilo. Contrariamente a la tradición fenicia, Cartago gobernaba y dominaba políticamente sus colonias y, después de resistir a griegos y etruscos, con quienes sostuvo enconadas luchas para mantener en las colonias su régimen político, estaba destinada a sucumbir ante el belicoso pueblo romano, que acabó con su poderío (Lefranc, 1948).

### **LOS GRIEGOS**

Aunque esparcidos en numerosas islas y colonias, los griegos formaron un solo pueblo, unido por vínculos religiosos, culturales y mercantiles. Antes de su completo desenvolvimiento, los fenicios habían establecido factorías en Grecia, principalmente en las islas de Creta y Chipre y en la Beocia, pero los griegos los arrojaron de aquellas regiones y reconquistaron el completo dominio de sus costas (Franco, 1996).

La distribución de los griegos en tantas costas e islas del Mediterráneo oriental, explica el por qué alcanzaran excepcional importancia como mercaderes. Cuando sus victoriosas guerras navales ante los persas les dieron el señorío del mar, con lo que desarrollaron considerablemente su marina, aventajaron como comerciantes a los fenicios, de quienes aprendieron el arte de la navegación y de la construcción de naves (Williams, 1979). Al principio los fenicios proveían a Grecia de mercancías extranjeras, pero cuando las artes helénicas alcanzaron cierto esplendor, los griegos quisieron proveerse por sí mismos de las materias que les hacían falta y negociar con sus propias. Temístocles -483 A.C.- dotó al Pireo de un puerto excelente y de una numerosa flota que aseguró a los atenienses el dominio del mar; Corinto llegó a ser un centro comercial casi tan importante como Atenas, ya que su posición en el istmo la convertía en natural intermediario entre el Asia e Italia (Marriner and Morhange, 2007).

El Ática importaba los granos de los que carecía su árido y rocoso suelo; las naves griegas cargaban maderas en Tracia y en Macedonia; marfil y especias en Cirene; papiro, ungüentos y vidrio en Egipto, y sal, pescados y pieles en el mar Negro. A pesar

de la pobreza del suelo, Grecia exportaba frutas y vinos. A esa exportación se sumaban vasos, bronces, objetos de oro y plata, tejidos, etc. Los jonios importaban hierro, oro, lana, pieles y ámbar de sus colonias del Mar Negro. Mileto llegó a rivalizar con Tiro en la manufactura de las lanas y en el comercio con Susa y otras ciudades persas.

En el siglo VII A.C., los milesios establecieron en África la factoría de Canopus y fundaron una colonia en Naucratis y el faraón Psamético les permitió negociar en Egipto (Williams, 1979). Poco a poco los griegos llenaron de colonias las costas meridionales de Italia como Cumas, Nápoles, Síbaris, Crotona, Tarento y Regio, y las de Sicilia como Mesina, Tauromenio, Naxos, Catana y Siracusa; tanto predominó el elemento griego en esas regiones que se las denominó Magna Grecia. También establecieron factorías en las costas ibéricas y en el golfo de León; los focenses fundaron Marsella y Ampurias, esta última cerca del sitio donde los rodios habían fundado Rosas. Son de origen griego Dellia y Sagunto, y se presume que también lo son Lisboa y Tuy, en el Atlántico (Ménard, 1734).

La expansión colonial griega comprende dos períodos: el primero, de los siglos XI al X A.C., fue consecuencia de la invasión dórica, y el segundo, comprendido entre los siglos VIII y VI A.C., fue el más importante, y no hubo región del Mediterráneo que no estuviera colonizada por los griegos. Esta expansión fue contrariada en occidente por los etruscos y cartagineses; los primeros no pudieron impedir que los helenos se establecieran en el Sur de Italia, en Córcega y en Elba, pero los cartagineses les quitaron las colonias sicilianas, ibéricas y baleáricas (Schmidt, 1938).

Filipo II, rey de Macedonia, somete a Grecia por la astucia y por las armas, y su hijo Alejandro parte en 334 A.C. para Asia, donde después de llegar hasta el Indo, funda más de setenta ciudades y factorías con fines estratégicos, en las que infunde el espíritu griego. Sus conquistas señalan la época más floreciente del helenismo e hicieron progresar mucho los conocimientos geográficos de la antigüedad. A la muerte de Alejandro, su imperio se fraccionó en los reinos de Macedonia, Siria y Egipto, y el foco de la cultura, que antes estuviera en Atenas, se trasladó a Alejandría, que llegó a ser el

puerto más importante del Mediterráneo no sólo a causa de la destrucción de Tiro y de la decadencia de Atenas y de Corinto, sino especialmente por su situación geográfica (Puig, 1995).

## **IBERIA**

Aunque en la Edad Antigua no llegó a formar nunca una unidad histórica, Iberia poseyó una civilización autóctona que se estableció especialmente en la región sudeste de la península. Esta cultura fue tributaria de los elementos colonizadores que allí se establecieron, principalmente de los fenicios, fundadores de Gades; de los griegos, fundadores de Ampurias, y de los cartagineses, que convirtieron más tarde gran parte de la península en un protectorado. Terminadas las guerras púnicas, la civilización ibérica se refugió en el interior del país, para morir definitivamente con la ruina de Numancia en el 133 A.C. Los diferentes pueblos que formaban la Iberia antigua comerciaban entre sí con los productos naturales de las regiones y traficaban con fenicios, griegos y cartagineses, con los que cambiaban minerales, sobre todo plata nativa en abundancia, por los productos manufacturados que aquellos traían (Pujol et al, 2010).

## **ROMA**

En los primeros siglos de su existencia los romanos fueron agricultores y guerreros, de costumbres frugales, pueblo de pocas necesidades que se bastaba a sí mismo. Las artes, los oficios y el tráfico lo ejercían los esclavos, y aunque la ley Flaminia prohibía a los patricios el comercio por ser profesión plebeya, aquéllos tomaban parte en las grandes operaciones mercantiles, sirviéndose de sus libertos. Las mercancías necesarias para el consumo interior, sobre todo los productos agrícolas y pecuarios, eran llevadas al foro que se convertía en mercado público. La tradición romana atribuye a Servio Tulio la invención de la moneda, lo cierto es que fue conocida en Roma desde muy antiguo: las de plata se introdujeron al mercado en el 269 A.C. y las de oro medio siglo después (However et al, 2007).

El comercio exterior se desarrolló a medida que se extendieron los dominios de Roma; en 507 A.C. Roma firmaba con Cartago un tratado de comercio, que fue varias veces

renovado, para favorecer la exportación de los productos agrícolas, cereales de la Campania, aceite y vinos, así como la importación de esclavos negros, tejidos, metales preciosos, gemas, ámbar, etc. Pero, aunque sometieron a los etruscos, los romanos no supieron suplantarlos en el mar y después de dominada Grecia y destruida Cartago, aunque el Mediterráneo fuera políticamente un lago romano, el comercio continuó en manos de los pueblos sometidos (Rumeu et al, 2003).

En tiempo de la República descuidó la navegación y despreció la industria y el comercio, dando gran importancia a la agricultura; los capitanes y magistrados depuestos de sus cargos, volvían a sus fértiles campos. La Italia de aquel entonces producía todo cuanto era necesario para la vida: granos, vino, aceite, lino y ganado; pero las guerras exterminadoras, la cesión de tierras a los soldados y el abandono de las grandes propiedades a los esclavos, causaron la decadencia de la agricultura, con lo cual la península ya no se bastaba a sí misma.

Enriquecidos por sus victorias, los romanos dejaron de ser el pueblo frugal y austero de los primeros tiempos y se corrompieron; la tierra pertenecía a los nobles que monopolizaban los grandes negocios y administraban el erario público; los plebeyos, de mísera condición, estaban obligados a servir en el ejército; los siervos que cultivaban los latifundios representaban la mitad de la población; había patricios que poseían de 10 a 20.000 esclavos y la ley Aquilia no distinguía entre éstos y las bestias. En tales condiciones, numerosos males económicos roían la sociedad romana, dando lugar a una serie de luchas internas que pusieron en grave peligro la seguridad del Estado (However et al, 2007).

En una muestra de notable ingenio, los romanos organizaron bajo su yugo a los pueblos vencidos, se aprovecharon del fruto de sus industrias y las gravaron con fuertes tributos. Forzosamente, entre vencidos y vencedores, se establecía un tráfico comercial debido a la voracidad de Roma, que necesitaba para su consumo cuantos productos se recogían en sus dominios. Entre las empresas de la última época de la República merece citarse, desde el punto de vista mercantil, la guerra contra los piratas

mediterráneos que dificultaban el tráfico marítimo (O'Rourke et al, 1999).

En el período conocido como "El Imperio", que termina en el 324 A.C., Constantino traslada a Bizancio la capital de su imperio y el comercio romano toma nuevo impulso y esplendor (Le Beau, 1757). La paz inaugurada por Augusto y que se mantiene cerca de dos siglos, favoreció el progreso económico de la península y de las provincias; el censo ordenado por el primer emperador facilitó la distribución racional de los tributos; se construyeron carreteras, se establecieron correos regulares, se normalizó la administración pública (Williams, 1979). Las riquezas del mundo romano aflúan a la capital; los griegos, de quienes Roma aprendía a amar la ciencia y el arte, descargaban sus productos en el puerto de Puzolo, que además de vinos y frutas, recibía estatuas, cerámicas, joyeles, brocados y cuantos objetos artísticos se elaboraban en las ciudades helénicas (Laugier, 1725).

Los patricios romanos iban a Atenas a estudiar gramática y filosofía, lo que estrechaba aún más las relaciones de ambos pueblos (Raynal, 1783); Galia, poco menos que salvaje en tiempo de César, vio surgir de su seno numerosas ciudades que en un principio fueron solamente factorías comerciales y puntos de empalme de las grandes rutas abiertas por las legiones romanas; Plinio enumera, en España, cuatrocientas poblaciones de importancia; los puertos orientales de la Península Ibérica enviaban continuamente al puerto de Ostia bajeles cargados de sus productos; las comarcas germánicas y las playas del Báltico remitían a Roma pieles, ámbar, hierro y esclavos; Gran Bretaña le enviaba objetos de plomo; Sicilia y Egipto le suministraban grandes cantidades de cereales; África oriental, negros y animales feroces para el circo; las naves griegas transportaban también al Lacio todas las producciones de oriente, objetos de lujo en su mayoría, que los nobles romanos pagaban a precios elevadísimos.

Además de los puertos de Ostia y Puzolo, el Imperio contaba con los de Marsella y Frejus en Galia; los de Tarraco, Cartagena, Málaga y Gades en Iberia; el de Cartago en África, y los de Durazo Corinto, Efeso y Alejandría en

el Mediterráneo oriental (Franco, 1996), (Rougé, 1966).

Favorecía el tráfico la magnífica red de caminos construidos con fines militares, que partía de la capital y se diseminaba por todo el Imperio. Italia tenía 5.000 kilómetros de carreteras; la Península Ibérica, 4.300 y Gran Bretaña, 1.450; el estado organizó un servicio postal; utilizaban un sistema de medidas perfectamente coordinado, cuya base común era el pie romano -266 mm-; la unidad monetaria era el *as*, o sea el peso de una libra de estaño; el denario equivalía a 10 ases; las mercancías no circulaban libremente por el Imperio, pues cada provincia establecía derechos de tránsito. El empobrecimiento progresivo del país obligaba a pagar las exportaciones con dinero contante, lo que contribuyó a aumentar la tasa del interés (Huet, 1793).

En el siglo III empezó la decadencia política y económica de Roma y sus provincias, siendo sus causas principales la arbitrariedad de los impuestos, los abusos de los funcionarios públicos y la corrupción de costumbres, contra todo lo cual reaccionaban los cristianos de los primeros tiempos. El traslado de la corte a Bizancio y la división del Imperio en el 395, complementaron la ruina de Roma. Mientras todo el comercio y las riquezas fluían a las riberas del Bósforo, las tierras del imperio de occidente, faltas de brazos, se convertían en eriales; los puertos se paralizaban, y Roma y sus provincias, míseras y sin defensa, quedaban expuestas a las invasiones de los bárbaros (Montesquieu, 1734).

### DISCUSIÓN DE SIERRE

La historia de la humanidad se ha desarrollado en cada período alrededor de ciertas áreas predominantes, en este trabajo se describieron dos de éstas: la ingeniería y el comercio. Desde siempre, el ser humano ha dedicado mucha parte de su trabajo a desarrollar dispositivos y construir estructuras para aprovechar mejor los recursos que la naturaleza le brinda. Descubrió y perfeccionó los metales, lo que permitió pasar de utilizar madera y piedra como materiales de construcción, a la dureza y durabilidad de éstos; perfeccionó el manejo del agua para crear irrigaciones que le permitieran mejorar sus cultivos; inventó armas que mejoraron sus sistemas de caza;

se ingenió diversas formas de cruzar los ríos que se interponían en sus correrías; moldeó la madera y aplicó diseño para construir las naves que lo llevaron a conquistar los mares.

Pero, también se dio cuenta que aunque estaba construyendo cosas nuevas, más rápido y más eficientes, le faltaban otras que no podía lograr ni con el conocimiento y habilidad que poseía. Esto lo llevó a tratar de conseguirlas en otros lugares en los que sí se producían, y entonces canjea sus productos por los que necesita, es decir comercializa. Desde entonces, el matrimonio entre ingeniería y comercio no se ha disuelto, por el contrario se ha solidificado.

La serie de aparatos, máquinas y estructuras, que la ingeniería le aporta en cada período de desarrollo al comercio, es el resultado de esa incesante búsqueda y deseo de satisfacción propio del ser humano. En la antigüedad, mientras las demás ocupaciones se desarrollaban, fueron apareciendo junto a hechiceros, agricultores, cazadores y comerciantes, los que se dedicaron a crear dispositivos y estructuras. A estos ingenieros de la edad antigua se deben las bases que culminaron posteriormente con la creación de armas, fortificaciones, caminos, puentes, embarcaciones y demás obras y artefactos; su actividad y legado puede hoy ser rastreado hasta las épocas de los más antiguos imperios, e inclusive muchas de sus notables obras pueden todavía admirarse, por ejemplo, en los caminos, acueductos e ingeniería militar romanos.

La llamada arqueología económica del presente, desempeña un papel importantísimo en la revelación del ya mencionado matrimonio. Hoy los investigadores adquieren conciencia de que es importante registrar todo el material posible en este tema, para que se tenga como fuente de estudio de las realidades comerciales y sociales, a lo que se suma el desarrollo metodológico y técnico que se comienza a aplicar en esta disciplina y que hace posible interpretar la relación ingeniería-comercio desde nuevas perspectivas. Este interés, por ejemplo, permitió que se estableciera la relación entre aquellos hombres con los ingenieros actuales, cuya única y significativa diferencia está relacionada con el conocimiento en que basaron sus obras: aquellos “ingenieros”

diseñaban todo tipo de estructura y “máquinas” sobre la base de un conocimiento empírico -práctico- y se basaban en el sentido común; el “saber hacer”, tan de moda actualmente, para ellos era acumulación de experiencias, ya que carecían casi por completo del conocimiento que hoy llamamos científico.

Como se describe para cada uno de los pueblos estudiados en esta investigación, el transporte de las mercancías era muy arriesgado y caro dadas las largas distancias por recorrer, lo que hizo que inicialmente el comercio lo realizaran generalmente en los improvisados mercados locales. Debido a que los productos de la caza y la pesca eran inicialmente para uso exclusivo en la alimentación posteriormente, cuando los métodos fueron perfeccionados, por el uso de los aparatos construidos, además de conseguir lo suficiente para cada núcleo social llegaban a tener excedentes que, bien los podían guardar para los tiempos de escasez o bien para intercambiar por productos otros para variar el menú; esa actividad de intercambio de bienes, como la carne, el pescado, las frutas y otros, perfeccionaron la actividad mercantil entre pueblos vecinos, pero su audacia les hizo trazar un nuevo reto, el de llegar a regiones más remotas, fuera por tierra, ríos o mar.

Es entonces cuando nuevamente a producción de nuevos aparatos le permite al hombre de la antigüedad alcanzar esos objetivos. La ingeniería moderna se define como el arte de modificar el ambiente para sobrevivir, estar más cómodos o para mejorar la rentabilidad económica; pero esas primeras poblaciones no intentaron modificar el ambiente: para los nómadas era más fácil, cuando el clima les dificultaba la vida, trasladarse a otra región más cómoda; para los pueblos sedentarios, dedicados a la agricultura, especialmente, tenían que aplicar su ingenio en cómo alterar el entorno, de tal forma que pudieran sobrevivir en los tiempos difíciles; este acontecimiento da origen a “la ingeniería agrícola” en su versión primitiva.

Las necesidades sociales de entonces, observándolas desde hoy, pueden considerarse simples, pero para los humanos de la antigüedad podría parecerles muy

complicadas. Las sociedades agrarias requerirían obras agrícolas, vías de comunicación, vivienda, transporte y aparatos cada vez más sofisticados, y los encargados de satisfacer esas necesidades tuvieron que “ingeniárselas” para responder a las solicitudes. Cada vez se fueron separando las clases sociales que, en comienzo, las demarcaban los oficios; entonces aparecen los que se encargaban de dirigir y asignar funciones -casta política-, los que escuchaban y ofrecían consejos y una vida mejor -casta sacerdotal-; los que no tenían facilidad para ejercer ninguno de estos oficios se dividieron en trabajadores de la tierra -campesinos, en colectores de animales -cazadores, en encargados de intercambiar productos -comerciantes, y quedaba sólo por ubicar a los que producían los aparatos y obras para que los demás hicieran su trabajo, entonces surgen los manufactureros -ingenieros en potencia. Se da entonces un hecho para lo que ninguno estaba preparado, las castas dominantes comienzan a acumular recursos -frutos, animales, manufactura-, lo que hizo que la labor de los “ingenieros” se tornara compleja, difícil y costosa, ya que surge el concepto de economía.

Dado que los recursos eran limitados, los productos de manufactura -sus herramientas- eran muy simples: en principio, nada de hierro, algo de cobre y otros metales, pero la mayor parte eran de piedra y madera; los medios de transporte eran algunos animales de carga; la fuerza de trabajo la producían los obreros de la tierra. Pero, contrario a la época actual, el recurso de mayor abundancia era “el tiempo”, por lo que, dados los recursos y la cantidad de mano de obra, la construcción de obra demoraba décadas o siglos, y los ingenieros supieron aprovechar ambos para superar la falta de recursos económicos.

Todos lo detallado anteriormente dio como resultado que comerciantes e ingenieros se especializaran cada uno en lo suyo, y al ritmo que la sociedad exigía. Cada vez se llegaba más lejos para encontrara con quienes intercambiar, y cada vez se contaba con el adelanto “tecnológico” que facilitaba esa empresa; el conocimiento se enriqueció y se perfeccionaron los métodos de construcción y fabricación ya que se conocían nuevos pensadores y se intercambiaban ideas. El

comercio y la ingeniería llevaron a la sociedad antigua por caminos que nunca esperaron recorrer: tumbaron mitos, crearon infraestructura civil y militar, fortalecieron la casta política y religiosa, modificaron la

geografía, generaron nuevas áreas de conocimiento y ello nuevas formas de ver el futuro e hicieron posible que la sociedad saliera de la edad antigua para adentrarse en un nuevo reto: la Edad Media.

## REFERENCIAS

1. Anderson, A. (1801). An historical and chronological deduction of the origin of commerce, from the earliest accounts... exhibiting a view of the ancient and modern state of Europe, and of the foreign and colonial commerce, shipping, manufactures, fisheries, & of Great. London: J. White. 4 vol.
2. Arndt, A. Neer W. V., Hellemans B., Robben J., Volckaert F. and Waelkens M. (2003). Roman trade relationships at Sagalassos (Turkey) elucidated by ancient DNA of fish remains. *Journal of Archaeological Science*. Volume 30, Issue 9. pp. 1095-1105.
3. Beard, M. (1938). A history of the business man. New York: MacMillan. 779 p.
4. Boccardo, J. (1942). Historia del comercio de la industria y de la economía política. Buenos Aires: Impulso. 330 p.
5. Carreño, A. M. (1949). Breve historia del comercio. México: Editorial Banca y Comercio. 361 p.
6. Cruselles, G. E. (1991). Retomar la historia del comercio. *Millars Geografía-Historia*, Número 14. pp. 183-190.
7. Day, C. (1941). Historia del comercio. México: Fondo de Cultura Económica. 364 p.
8. Day, O. (1922). A history of commerce. New York: Longman Green and Co. 676 p.
9. Dopsch, A. (1943). Economía natural y economía monetaria. México: Fondo de Cultura Económica. 323 p.
10. El Salam, M. E. A. (2002). Construction of underground works and tunnels in ancient Egypt. *Tunnelling and Underground Space Technology*. Volume 17, Issue 3. pp. 295-304.
11. Franco, L. (1996). Ancient Mediterranean harbours: a heritage to preserve. *Ocean & Coastal Management*. Volume 30, Issues 2-3. pp. 115-151.
12. Goguet, A. Y. and Fugère A. (1758). De l'origine des lois, des arts et des sciences, et de leur progrès chez les anciens peuples. París: Desaint & Saillant. 3 vols.
13. Gong, Z., Zhang X., Chen J. and Zhang G. (2003). Origin and development of soil science in ancient China. *Geoderma*. Volume 115, Issues 1-2. pp. 3-13.
14. Helguera y García, A. (2006). Manual práctico de la historia del comercio. Edición electrónica gratuita. Texto completo en [www.eumed.net/libros/2006a/](http://www.eumed.net/libros/2006a/). Junio 23 de 2008.
15. However, P. M., Mayer T. and Thoenig M. (2007). Make Trade Not War? CEPR Discussion Paper 5218.
16. Huet, P-D. (1793). Historia del comercio y de la navegación de los antiguos. Madrid: Ramón Ruiz. 354 p.
17. Laugier, de T. (1725). Histoire du royaume d'Alger avec l'état présent de son gouvernement, ses forces de terres et de mer, de ses revenus, police, justice, politique et commerce. Amsterdam: H. du Sauzet. 456 p.
18. Le Beau, C. (1757). Histoire du Bas-Empire en commençant à Constantin le Grand. París, Desaint. 2 val.
19. Lefranc, G. (1948). Histoire du commerce. Paris: Presses Universitaires de France. 135 p.
20. Marriner, N. and Morhange C. (2006). Geoarchaeological evidence for dredging in Tyre's ancient harbour, Levant. *Quaternary Research*. Volume 65, Issue 1. pp. 164-171.
21. Marriner, N. and Morhange C. (2007). Geoscience of ancient Mediterranean harbours. *Earth-Science Reviews*. Volume 80, Issues 3-4. pp. 137-194.
22. Marriner, N., Morhange C. and Doumet-Serhal C. (2006). Geoarchaeology of Sidon's ancient harbours, Phoenicia. *Journal of Archaeological Science*. Volume 33, Issue 11. pp. 1514-1535.
23. Ménard, L. (1734). Les moeurs et les usages des Grecs. Lyon: Vve. Delaroche et fils. 876 p.
24. Montesquieu, C. de S. (1734). Considérations sur les causes de la grandeur des Romains et de leur décadence. Amsterdam: J. Desbordes. 345 p.
25. Neville, M. (2007). Trade in classical antiquity: Key themes in ancient history. London: Cambridge University Press. 132 p.



26. O'Rourke, K.H. and Williamson J. G. (1999). Globalisation and history: The evolution of a nineteenth century atlantic economy. USA: MIT Press. 324 p.
27. Puig, J. J. (1995). 5000 años de historia del comercio y la publicidad. Barcelona: Editorial Cims. 200 p.
28. Pujol, T., Solà J., Montoro L. and Pelegrí M. (2010). Hydraulic performance of an ancient Spanish watermill. Renewable Energy. Volume 35, Issue 2. pp. 387-396.
29. Raynal, G. T. (1783). Histoire philosophique et politique des établissemens e du commerce des européens dans les deux indes. Neuchâtel: chez les libraire associes. 11 val.
30. Rumeu, De A. A. y De Béthencourt, A. M. (2003). Anuario de estudios atlánticos. Madrid: Taravilla. 689 p.
31. Samhabered, E. (1963). Historia del comercio. Barcelona: Zeus. 446 p.
32. Schmidt, G. D. (1938). Historia del comercio mundial. Madrid: Labor. 208 p.
33. Schmidt, M. G. (1927). Historia del comercio mundial. Madrid: Labor. 324 p.
34. Universidad Autónoma de Barcelona, Universitat de Barcelona, Universidad Castilla-La Mancha, Universidad de la Rioja y Fundación Atapuerca. (2007). Los vendedores y las civilizaciones. Editorial: Würth España S.A. 286 p.
35. Wallace, R. E., Bucknam R. C. and Hanks T. C. (1994). Ancient engineering geology projects in China; A canal system in Ganzu province and trenches along the Great Wall in Ningxia Hui Autonomous Region. Engineering Geology. Volume 36, Issues 3-4. pp. 189-195.
36. Williams, T. I. (1979). Engineering in the ancient world. Endeavour. Volume 3, Issue 2. pp. 89.
37. Xia, J. (2005). Soil-rock-forming processes and engineering mechanical properties of the ancient gravel stratum near Nanjing, China. Engineering Geology. Volume 78, Issues 3-4. pp. 209-214.
38. Rougé, J. (1966). Recherches sur l'organisation du commerce maritime dans le Méditerranée sous l'Empire romain. París: École Pratique des Hautes Études. 231 p.



# PRODUCCIÓN INTELECTUAL

Para la Revista Digital Lámpsakos, la producción intelectual se constituye en una tarea fundamental y elemento dinamizador del quehacer académico de todos los profesionales, y esta sección tiene como objetivo crear las condiciones que permitan la transmisión y transformación del conocimiento a través de diferentes estrategias, que promuevan la generación de materiales intelectuales que contribuyan a la generación y utilización de todo su saber académico.

Esta sección de la revista contiene los aportes de los colaboradores que representan el fruto de su producción intelectual y que pueden clasificarse como:

1. **Artículo corto.** Documento breve que presenta resultados originales preliminares o parciales de una investigación científica o tecnológica, que por lo general requieren de una pronta difusión.
2. **Reporte de caso.** Documento que presenta los resultados de un estudio sobre una situación particular con el fin de dar a conocer las experiencias técnicas y metodológicas consideradas en un caso específico. Incluye una revisión sistemática comentada de la literatura sobre casos análogos.
3. **Revisión de tema.** Documento resultado de la revisión crítica de la literatura sobre un tema en particular.
4. **Cartas al editor.** Posiciones críticas, analíticas o interpretativas sobre los documentos publicados en la revista, que a juicio del Comité editorial constituyen un aporte importante a la discusión del tema por parte de la comunidad científica de referencia.
5. **Traducción.** Traducciones de textos clásicos o de actualidad o transcripciones de documentos históricos o de interés particular en el dominio de publicación de la revista.
6. **Documento de reflexión no derivado de investigación**
7. **Reseña bibliográfica**
8. **Otros**

Aunque la producción científica también es reconocida como intelectual, hemos separado estos conceptos para dar cabida a los trabajos que, aunque no sean productos de procesos investigativos, sean el reflejo de un trabajo serio y comprometido con el objetivo de divulgar conocimiento.

## SISTEMAS DE INFORMACIÓN INTELIGENTES PARA LA SOCIEDAD DE INTERNET

**Eucario Parra Castrillón**

Grupo de investigación SISCO. Funlam, Colombia.  
[gruposisco@gmail.com](mailto:gruposisco@gmail.com)

(Artículo CORTO) (Recibido el 10 de julio de 2009. Aceptado el 2 de septiembre de 2009)

### INTRODUCCIÓN

La Sociedad de Internet se construye sobre dos redes mundiales: una de computadores, clientes y servidores, la otra de personas, productoras y consumidoras de información. Se habla así de Internet como la Red de redes. Como se ve, Internet es entonces un tema que reviste intereses y problemas tanto tecnológicos como sociales. Pero aparte de esto, su desarrollo es irreversible, avasallante y masivo. Su influencia fue notable inicialmente en la academia y la ciencia, y en la primera década del siglo XXI, también lo es en los ámbitos cotidianos y económicos. Esta influencia determina conceptos nuevos frente a las comunicaciones y las distancias: pareciera que nada está lejos y que todo debe ser instantáneo. En la cotidianidad de las personas, aparecen unas costumbres y desaparecen otras; en el caso de las empresas, para su productividad y competitividad, se evidencian necesidades de cambios gerenciales que reconozcan el mundo digital.

De acuerdo con estas evoluciones, es necesario que los sistemas de información transaccionales -sistemas de procesamiento electrónicos de datos SPED- sean insuficientes para atender los modelos de vida y de negocios de la nueva sociedad; lo que se refleja en las necesidades de investigación, desarrollo y aplicación de Sistemas de Apoyo a la Decisión -Decision Support Systems DSS-, inteligentes, distribuidos, adaptables a los dispositivos móviles y con funcionalidades en tiempo real. La calidad de estos sistemas y el grado de utilización en las empresas, son esenciales para garantizar su sostenibilidad y reacción rápida a los cambios internos y externos a su dominio.

### CONCEPCIONES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN

**De lo instrumental a lo cotidiano.** Los conceptos sobre sistemas de información merecen tratarse dentro de la conjunción de

distintas manifestaciones de la cibersociedad -las alteraciones sociales ocasionadas por la revolución digital-, no sólo como la instrumentación tecnológica para el tratamiento de la información. Lo instrumental hace referencia a las funcionalidades de los sistemas, como almacenar, organizar, presentar, consultar, o sea a las prestaciones necesarias para la atención de los usuarios. Desde este punto de vista, los sistemas de información entremezclan componentes funcionales de software para atender las operaciones de las empresas.

Pero el análisis va más allá de lo instrumental. La importancia de los sistemas de información trasciende a la concepción de apoyo o auxilio, hace parte de los itinerarios sociales de la sociedad digital y definen las esencias del entorno digital, el tercer entorno en el que vive el hombre en el siglo XXI. Echevarría (2000) explica que el hombre en el mundo convive en tres entornos: la naturaleza, la ciudad y el entorno telemático o infovirtual. En cuanto a la naturaleza, el ser humano nace para adaptarse a sus implicaciones, para lo que debe desarrollar mecanismos de percepción, movilidad, nutrición e interrelación; es el hombre biológico, psicológico, espiritual. El segundo entorno es cultural, social y urbano, se escenifica en las ciudades y los pueblos; este es el hombre social. El último es una creación de la tecnología, es un nuevo espacio social, con posibilidades para la comunicación, el placer, la formación, y en su interior los objetos y los sujetos son representaciones construidas con la electrónica digital; este es el hombre de la sociedad de la información.

Si se plantea el problema en términos de símbolos, potencialidades y necesidades, se configuran entonces tres inherencias fundamentales para la supervivencia, entendida como la posibilidad para la existencia con capacidades o posibilidades: el mundo natural demanda funciones

naturales cuya alteración conlleva a la muerte; el mundo social a su vez, determina que el hombre absolutamente solitario o con tendencias al aislamiento, si bien no es causa de su muerte, como tal, si implica su incompetencia; el tercer mundo, el digital - el entorno infovirtual- obliga a ciertos comportamientos, impone ciertas necesidades, evidencia intereses concretos, que hacen parte de la cotidianidad misma, por lo que son esenciales para ser o estar dentro de las comunidades. El hombre en el campo puede ser feliz y tal vez productivo para unas necesidades específicas de su pequeño entorno, sin tener luz eléctrica, Internet, teléfono celular, pero éste no es el hombre de la sociedad de la información que se considera en el entorno infovirtual planteado.

Así pues, es innegable la existencia de un mundo digital, infovirtual, inmerso en redes: el mundo de los sistemas de información. Los sistemas de información son sustancia constitutiva de este nuevo mundo, en cuyos límites se perfilan nuevas culturas, renovadas formas de educación, e incluso, nuevas formas de participación y comunicación en redes sociales.

### LA SOCIEDAD DE INTERNET

En las distintas épocas de la humanidad se reflejan relaciones entre pensamientos, evoluciones técnicas y descubrimientos. Así por ejemplo, las ideas sobre comunidad se asociaban antes con necesidad de territorialidad común, pero hoy no; las épocas de Internet posibilitan unas comunidades sociales sin el requisito de compartir iguales territorios. De la misma manera, sobre las distancias, éstas eran determinantes para la prontitud de las comunicaciones y la eficiencia, los mensajes viajaban de persona a persona a la velocidad del caballo, sin embargo, eran reconocidas y suficientes para los ámbitos de la época. Los ingenieros eran los astrónomos, navegantes constructores y mas adelante relojeros y artesanos; la invención de la máquina de vapor, los trenes, los carros, acortaron las distancias, y por esto las comunicaciones tuvieron otros medios distintos a fuentes viajeras a caballo. Ya con las telecomunicaciones el mundo evoluciona velozmente, hasta llegar a Internet, la era cibernética, la robotización, donde lo rápido

ya no es suficiente, sino que se demanda es lo instantáneo (Joyanes, 1997).

Se define la era actual como un nuevo modelo de sociedad, es la llamada Sociedad de la Información. Este modelo se materializa en redes de información, siendo Internet la convergencia tecnológica por excelencia; surge, a partir del desarrollo de la informática -software, hardware, redes- para almacenar, procesar y transferir datos. Internet es una red mundial de redes de computadores, concepto inimaginable en otras épocas, que integra y pone en escena a la tecnología y las comunicaciones, en un nivel cotidiano y empresarial.

De otro lado, Internet es una red de personas constructoras y consumidoras de información, una gigante red social para la divulgación científica, el entretenimiento, el conocimiento. Es un nuevo canal de comunicación que integra texto, voz, video, imagen, intercambio en tiempo real. Internet, además posibilita nuevas formas para la economía, por eso conceptos como el teletrabajo, *ecommerce*, *ebusiness*, se consideran seriamente en el desarrollo de las empresas. La esencia misma de Internet se ve como una necesidad del ser humano para poder comunicarse o acceder al conocimiento, y proporciona la virtualidad como un concepto social: *“Internet surge como un nuevo medio de comunicación; a diferencia de otras redes, como la radio y la televisión, Internet se conduce fundamentalmente por los usuarios, quienes crean la mayor parte de los contenidos, ya que en general no hay editores tradicionales”* (Weinstein, 2009).

Siendo esto entonces un asunto social, además de tecnológico, surgen para la sociedad de Internet consideraciones precisas que tienen que ver con la organización, pues, como en toda sociedad, el hombre tiene la necesidad de identificar conflictos de intereses para poder sobrevivir. Esto conduce a organizar problemas como el derecho a la privacidad, la delincuencia digital, la ética en la red, los protocolos sociales y de comunicación, en la convivencia en Internet. Además, las investigaciones educativas tienen retos alrededor de temas como la pedagogía virtual, la enseñanza en línea -*on line*-, y los intereses de las comunidades juveniles e infantiles nacidas en la era

Internet. Temas como nuevas formas de lectura urgen de investigaciones que den fundamento a las simbologías de Internet, y en tal sentido, es cuando las leyes, la educación, la economía, la ciudadanía, la política, la psicología, deben reconocer con decisión que la existencia de Internet es irreversible, que su uso masivo cabalga en todo el mundo, siendo su público cada vez mas general.

Debe reconocerse que Internet no es un tema sólo de académicos, su interés y uso es general. Este reconocimiento urge para convocar a nuevas concepciones y entendimientos de la vida moderna en el siglo XXI, pues el escenario es cada vez más complejo. Un ejemplo de esta complejidad es el de la legislación en el campo del derecho que, al no puede ir a la par del cambio tecnológico, siempre quedarán resquicios para saltarse la legalidad (García, 2007). El derecho tiende a ser territorial y aplicado a realidades permanentes, mientras que Internet y el mundo digital se mueven en un entorno libre de fronteras y lleno de elementos virtuales.

Un asunto que justifica el reconocimiento planteado es el relacionado con las conductas, que en realidad son las mismas en el mundo virtual que en el mundo real, pero que el ambiente en el que se desarrollan es diferente. Por ejemplo, la pornografía existe en la red, pero no se origina allí, ya que en los años 50 ya era un asunto de debate social. Así mismo, tanto en la red como en el mundo real, hay sitios adecuados para distintas personas. Como en el mundo cotidiano, en la Internet se encuentra información de todo tipo, son los intereses del usuario los que lo llevarán a una u otra página: se puede llegar a la academia y a la ciencia, pero también al esoterismo, al comercio sexual, a las comunidades con ideales irregulares o con principios difusos. Exageran por desconocimiento quienes levantan sus voces en contra de la red, argumentando que a través de sus páginas se puede llegar al horror, no infiriendo que en el mundo físico hay calles que también conducen a ese horror, pero otras que pueden conducir a las bibliotecas. Es cuestión de formación e intereses del individuo el destino que tome en la ciudad o el vínculo que elija en la Internet. El problema no es de Internet, es de la

educación; de ésta depende si el usuario va a las pegajosas páginas de jovencitas coquetas y desnudas o si se empeña, por ejemplo, en desarrollar investigaciones exploratorias para la ciencia y la academia.

Puede verse así que Internet demarca una sociedad cuyas relaciones demandan certezas de orden. Desde el punto de vista tecnológico, como red de computadores servidores y de usuario final, puede decirse que lo que realmente se configura es un sistema de información de dimensiones gigantescas. La avasallante era de Internet define criterios para la ingeniería informática que tienen que ver con la visión global de los sistemas de información; la red obliga a pensar que estos sistemas demandan funcionalidades, no para procesar datos en entornos locales en atención a operaciones rutinarias, sino para la gestión de información y conocimientos en integración con otros sistemas, sin limitaciones geográficas y con interacciones instantáneas, es decir, sistemas de información para la sociedad de Internet.

Estos sistemas globales necesitan de tecnologías de la información especializadas, con metodologías y teorías continuamente en innovación. *“Es la tecnología de la información simplemente otra herramienta, sin duda más compleja y sofisticada, pero no fundamentalmente distinta a las flechas de pedernal con que los hombre de la Edad de Piedra se permitieron pasar del simple acopio de alimentos a la caza”* (Graham, 2001). En analogía, los sistemas de información y las tecnologías para Internet, pasan de la simple operación de datos a la gestión abierta de la información pensada para entornos globales.

#### **TIPOS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

Según la naturaleza de los propósitos funcionales, se pueden considerarse dos tipos de sistemas de información: Los Sistemas de Apoyo a la Decisión -Decision Support Systems DSS- y los Sistemas de Procesamiento Electrónicos de Datos -SPED. Los primeros están diseñados para ayudar en la toma e implementación de decisiones gerenciales, son proactivos, están dirigidos a aumentar la efectividad, enfatizan el presente e infieren sobre el futuro. Los SPED en cambio, son pasivos, están diseñados para atender a las operaciones sobre datos, su orientación está

dirigida a la automatización del procesamiento de reportes, transacciones y al almacenamiento de información. El énfasis en la funcionalidad sobre el presente de los DSS, justifica sus componentes para información en tiempo real (Bello, 2002).

En referencia a los conceptos sobre Internet, sociedad de la información y mundo digital -infovirtual- referenciados en los párrafos anteriores, fácilmente se deduce sobre la vigencia de los Sistemas de Apoyo a la Decisión en tiempo real, ya que tienen la capacidad de tomar información, procesarla y transmitirla en pequeñas unidades de tiempo, además con arquitecturas distribuidas, portables, escalables, para obviar problemas geográficos o de tecnologías diferentes. Además, los sistemas deben ser pensados para otras tendencias mundiales (Plan Estratégico 2005-1015):

- La evolución hacia los servicios y la computación móvil.
- La evolución hacia la creación y comercialización de servicios de software usando la tecnología Internet -Servicios Web.
- La difusión del comercio y los negocios electrónicos.
- Debe considerarse también que en el campo empresarial se percibe una adopción acelerada de modelos de negocios digitales, para la automatización completa de la cadena de valor y de los procesos productivos y empresariales y su optimización.

En concreto, la sociedad de Internet, ese tercer mundo digital señalado por Echavarría (2000), demanda inmediatez dentro del contexto sin fronteras de la arquitectura de sistemas de información inteligentes, proactivos, predictivos, con capacidad para atender en tiempo real a las necesidades de información para la toma de decisiones. En el campo empresarial, el análisis no se puede desconectar de las urgencias que impone esa sociedad de Internet. La cultura del hombre en el mundo digital determina para las empresas estructuras, entornos y tipos de gestión que conciben los sistemas de información no sólo como herramientas de apoyo instrumental, sino como actores de la gestión del conocimiento y a información. Es decir, como constitutivos fundamentales y como inherencias a todo el ambiente de las empresas para que puedan ser competitivas.

Por lo que deben considerarse relaciones entre los tipos de sistemas y los tipos de gestión empresarial: los sistemas SPED tienen su justificación en los conceptos de gestión empresarial tradicional y los sistemas DSS, por su parte, tienen su acomodo en la gestión empresarial moderna.

La empresa comercial tradicional es una estructura jerárquica centralizada de personas especializadas que, por lo general, se apoyan en procesos estandarizados para producir un producto o servicio. La empresa comercial moderna se caracteriza por ser una estructura menos jerarquizada, pero más descentralizada y flexible, apoyada en información instantánea -hasta donde lo permitan sus sistemas informáticos-, para entregar productos y servicios ajustados a mercados y clientes específicos (Laudon y Laudon, 2005). La gestión tradicional se basa en planes, reglas formales y división de trabajo de naturaleza rígida. En cambio, la gestión moderna se apoya en redes de información para establecer metas, organización flexible de equipos, conformación de equipos de personas trabajando con orientaciones hacia el cliente. El propósito es lograr con los sistemas de información la coordinación entre los empleados. El gerente de la empresa moderna recorre la información sobre el aprendizaje de los empleados para la toma de sus decisiones, lo que es posible solo con las funcionalidades de los DSS.

La masificación de Internet surge en la década de los 90 y con ella emerge también el concepto de empresa digital. Con este concepto se hace referencia a las empresas en la que las relaciones significativas de negocio con clientes, proveedores y empleados se realizan y controlan digitalmente, con el apoyo de los sistemas de información (Laudon y Laudon, 2005). Los procesos de negocio se plantean en términos de inteligencia de mercados para las maneras específicas de organizar, coordinar y enfocar el trabajo, en aras de lograr los productos y servicios que demuestren competitividad y productividad. Los procesos misionales, gerenciales y de apoyo, se manejan por medios digitales. La empresa digital percibe y responde al entorno con la prontitud que le pueden ofrecer sus sistemas de información, por eso, se consideran activos de enorme valor. Además, con el aprovechamiento de

Internet, la organización y la administración son globales, por eso su visión del mundo las hace rentables, competitivas y atentas a los cambios. Para las empresas digitales los sistemas informáticos, más que una herramienta de apoyo, constituyen en realidad su espina modular. Para concluir, la empresa digital se define sobre cuatro tipos de sistemas fundamentalmente (Laudon y Laudon, 2005):

1. **Los sistemas de administración de las cadenas de abastecimiento:** buscan automatizar de manera inteligente, las relaciones entre los proveedores y la empresa, con el objetivo de optimizar la contratación de suministros y servicios.
2. **Los sistemas de administración de los clientes:** tienen como objetivo desarrollar, de manera inteligente, servicios y productos pensados para los clientes. Esto implica proactividad y respuestas precisas a las necesidades presentes y futuras.
3. **Los sistemas transaccionales:** para coordinar los procesos internos claves de la empresa, que permitan los flujos de

datos e información de las distintas cadenas de valor.

4. **Los sistemas de gestión del conocimiento:** buscan preservar el conocimiento de la empresa. Estos sistemas se justifican para crear, captar, almacenar y distribuir el conocimiento y las experiencias corporativas e individuales de la empresa. Esto es, su conocimiento global y el conocimiento individual de los empleados.

En síntesis, las empresas en el mundo digital y la sociedad de Internet -históricamente irreversibles-, justifican los sistemas de información, concebidos como conjuntos relacionados de componentes de software, que recuperan, procesan, almacenan y distribuyen información para apoyar la toma de decisiones, la coordinación y el control de la empresa. Sistemas con la robustez suficiente para ayudarles a los empleados a analizar problemas, visualizar asuntos complejos y crear soluciones nuevas; para hacer proyecciones, estimaciones, pronósticos futuristas, con base en la información sobre el presente.

## REFERENCIAS

1. Bello, P. R. (2000). *Sistemas de Apoyo a la Toma de Decisiones Basados en el Conocimiento*. Santa Clara: Universidad Central de Las Villas.
2. Echeverría, J. (2000). *Un Mundo Virtual*. Barcelona: Plaza & Janes Editores. .
3. García, F. (2007). *Ética e Internet*. Madrid: Ediciones Rialp S.A.
4. Graham, G. (2001). *Internet una indagación filosófica*. Madrid: Ediciones Cátedra.
5. Joyanes, A. L. (1997). *Cibersociedad: los retos sociales del siglo XXI*. México: McGraw Hill.
6. Laudon, J. P. y Laudon K. C. (2005). *Sistemas de información gerencial*. Madrid: Pearson.
7. Plan Estratégico Programa Nacional de Electrónica, Telecomunicaciones e Informática. Bases para una Política de Promoción de la Innovación y el Desarrollo Tecnológico en Colombia. 2005-2015.
8. Weinstein, M. (2009). *Internet: Información, Sociedad, Legalidad*. [http://www.cybercenter.cl/html\\_cyber2/novedades/columna\\_boletin3.php](http://www.cybercenter.cl/html_cyber2/novedades/columna_boletin3.php). Junio de 2009.



## LA INGENIERÍA DE SISTEMAS Y SU EVOLUCIÓN HACIA LA ARQUITECTURA DE SISTEMAS

**Edgar Serna Montoya**

Grupo de investigación SISCO. Funlam, Colombia.

[gruposisco@gmail.com](mailto:gruposisco@gmail.com)

(Artículo de TRADUCCIÓN) (Recibido el 3 de agosto. Aprobado el 10 de octubre de 2009)

### RESUMEN

Muchas de las empresas modernas entendieron que sus antiguas unidades de sistemas ya no son funcionales, y comienzan a subdividirlos en dos grupos de trabajo diferenciadores: el encargado de la infraestructura y el de los denominados “arquitectos de sistemas”. Esta decisión lógica la inspira la actual evolución de la Ingeniería de Sistemas que, como área de conocimiento, genera los mismos subgrupos como agentes para formación. Además, la evolución y complejidad de los sistemas de información en medio de la sociedad del conocimiento, con exigencias y expectativas muy complejas, también determinan la necesidad de esta especialización. En este documento, una traducción casi literal de un *white paper* que publicó la empresa Quidnunc - [www.quidnunc.com](http://www.quidnunc.com) consultado en abril del año 2000- especializada en gestión de configuración, se detalla la importancia de esta división y las pautas a seguir a la hora de diseñar la arquitectura de sistemas de una empresa.

**Palabras clave:** Arquitectura de sistemas, Ingeniería de sistemas, Arquitecto de sistemas, infraestructura.

### INTRODUCCIÓN

Entendemos por arquitectura en un proyecto informático a la disposición conjunta y ordenada de elementos del software y del hardware con el objetivo de cumplir una determinada función. No es difícil comprender que al mezclar arquitecturas distintas e inconsistentes sin ningún tipo de orden o planificación, el proyecto se puede convertir fácilmente en inmanejable, tanto o más cuanto mayor sea el tamaño del mismo.

La mayoría de las organizaciones tradicionalmente favorecen -de forma planificada o no- unas configuraciones concretas. La arquitectura de cada empresa debería describir estas configuraciones, así como el entorno que facilite la creación de nuevas funcionalidades que encajen en ella: directivas, componentes de software reutilizables, herramientas, entre otras. Para facilitar que las nuevas funcionalidades implementadas en la nueva arquitectura sean consistentes con el sistema actual y sus posibles modificaciones futuras, es necesario conocer dicha arquitectura, pero es mucho más importante conocer la arquitectura operativa y organizacional de la empresa.

Una distinción importante es la que existe entre la arquitectura de una aplicación

sencilla -micro arquitectura- y la que existe entre y a través de las distintas aplicaciones -macro arquitectura-, por mucho, más compleja e importante.

### DIVIDE Y VENCERÁS

¿Cuál es el papel de la arquitectura en una organización? Imaginemos una organización que consta de cuatro capas: la capa superior, formada por las actividades propias de la organización; debajo de éstas, las aplicaciones informáticas que las soportan y facilitan; más abajo de las aplicaciones, la arquitectura que facilita que se desarrollen y ejecuten; y en último lugar, la infraestructura del hardware o las redes físicas. Esta subdivisión facilita determinar el papel que desempeña la arquitectura al interior de una organización: cada capa actúa como cliente de la capa inferior a ella y como servidor de la capa superior. Los arquitectos no deben malgastar su tiempo en temas relacionados con la infraestructura, como el sistema operativo; la mejor forma de separar la arquitectura de la infraestructura es pensar en el esquema de cuatro capas mencionado: la infraestructura debe de dar soporte a la arquitectura, ya que mezclar conceptos de una y otra capa es un error muy común en las organizaciones.



Un error en el que no debe de caer un arquitecto de sistemas es en ser demasiado preceptivo: introducir demasiadas normas que creen en excesiva rigidez, generará problemas en el desarrollo de aplicaciones. Un buen arquitecto de sistemas debe tener siempre en mente que su finalidad principal es permitir la creación de aplicaciones, a la vez que facilitar la creatividad y la innovación de los creadores de las mismas.

La arquitectura de sistemas en los tiempos en los que sólo existían los grandes computadores era muy sencilla: existía un lugar para cada cosa y cada cosa tenía su lugar adecuado. Con el paso de los años, y siempre en busca de una mayor flexibilidad, se introdujeron estructuras cada vez más complejas: arquitectura cliente/servidor, arquitectura a tres capas, *message brokers*, *data warehouses*, objetos distribuidos, arquitectura *web*... Un buen arquitecto debe empezar recordando que su trabajo es hacer la vida más fácil a los desarrolladores, y no al revés.

Existe otra idea que subyace tras todos los enfoques: especialización. Dividir los problemas en sus partes constituyentes y resolverlas separadamente con equipos de especialistas centrados en una sola área. La especialización deja dos interrogantes sin respuesta: cómo dividir los sistemas para que puedan ser definidos separadamente y cómo unirlos posteriormente para formar un todo homogéneo. Estos son los principales retos de la moderna arquitectura de sistemas.

### ARQUITECTURA EVOLUTIVA

Y, desde el punto de vista de la empresa, ¿qué características debería reunir la arquitectura de sistemas? Si mejorar los procesos y las aplicaciones genera un mejor rendimiento de la empresa, y si para mejorar las aplicaciones necesitamos mejorar los sistemas, entonces la arquitectura de sistemas debe ser el vehículo de desarrollo para ambos. En la práctica, la arquitectura de los sistemas actuales constituye, en muchos casos, grandes obstáculos para los dos.

A principios de los 90 la arquitectura de sistemas no iba más allá de simple planificación: se define una arquitectura objetivo y se idea una estrategia y una

planificación para completarla dentro de unos plazos determinados. La principal ventaja de este enfoque es que la hace comprensible a los ejecutivos, pues es similar a la forma en que tienen que dirigir sus negocios. El principal inconveniente es que no funciona, ya que comienza por la definición de una arquitectura objetivo y esto es un error. El único objetivo que debe tener en mente el arquitecto de sistemas es el de la organización para la que trabaja, si no tarde o temprano entrará en conflicto con él. La arquitectura del sistema debe de ser lo suficientemente flexible como para adaptarse a los cambios de objetivos organizacionales, esta es la clave principal para asegurar su longevidad.

La segunda clave a tener en cuenta es la que proporciona la mejor forma de medir la bondad de una arquitectura: la forma en que sustenta las aplicaciones que a la vez sustentan la organización. La mejor forma de verlo es estudiar, dada una nueva funcionalidad necesaria para la empresa, cómo la arquitectura del sistema facilita su desarrollo e integración con el resto de las aplicaciones.

Los elementos claves que debe cumplir la arquitectura, para facilitar el desarrollo de nuevas aplicaciones, son: tener directivas claramente definidas, no rígidas ni dictatoriales en cuanto al uso de determinadas tecnologías o fabricantes; favorecer el uso de aplicaciones que posean una funcionalidad base y sean personalizables por el usuario; y facilitar el uso y desarrollo de componentes y *plug-ins* y aplicaciones que los admitan. Este enfoque permite, en la mayoría de los casos, encontrar la forma más rápida y sencilla de desarrollar una nueva funcionalidad para el sistema, en los casos en los que lo más importante es tener una aplicación que haga lo que queremos y no tener la mejor aplicación que haga lo que no queremos. Actualmente, en la práctica, esta es la solución que se necesita en la mayoría de los casos, y son los principios del enfoque conocido como evolutivo.

El modelo evolutivo al que la arquitectura del sistema se adapta paso a paso surge del concepto de dependencia, en el que cada uno de ellos se basa en los anteriores para

perfeccionarse y evolucionar en cada momento, sin seguir un plan maestro pero de acuerdo con una “evolución natural”. Esta evolución posee dos elementos cruciales: un método para producir variantes -la reproducción- y un método para elegir la mejor entre ellas -la supervivencia de los más fuertes.

Los métodos evolutivos también son populares en el desarrollo de software a medida: las aplicaciones suelen construirse mediante una serie de pasos consecutivos y no de una sola vez, lo que reduce considerablemente el riesgo de fallos y el costo de desarrollo. En este caso y dado que no existe variación ni selección, el término “evolución” no se aplica adecuadamente, y por el contrario el término más adecuado sería “desarrollo incremental”.

Igual que en la evolución natural, las variantes en el mundo de la informática son abundantes y sólo los sistemas más abiertos sobreviven. Es fundamental crear un entorno que propicie la tecno-diversidad en la arquitectura del sistema, y una excepción a esta teoría la constituyen, en sí mismos, los *mainframes*, que han resistido más de lo que se podía esperar, incluso luego de la epidemia del año 2000. El problema es cómo crear un entorno que facilite la tecno-diversidad, en el que las arquitecturas preestablecidas sobrevivan donde sea necesario, pero sin bloquear el paso a los nuevos esquemas.

Las organizaciones con arquitecturas evolutivas poseen ciertos rasgos en común:

- Prefieren las directivas a los estándares. Los estándares reales son minimistas y usualmente “de hecho” como Windows; las directivas pueden obviarse si existe una razón lo suficientemente buena. La mayoría de las organizaciones mantienen demasiados de ellos, motivados por la reducción de costos -por ejemplo, mantienen UNIX en el *back-end* para minimizar el costo de reeducación-, pero fallan al ignorar el costo que supone forzar a determinadas aplicaciones que requieren en realidad tomar una línea diferente. La flexibilidad es una necesidad fundamental en la arquitectura de los sistemas modernos.

- Usan tecnología orientada a componentes. La historia de la ingeniería de sistemas describe un viaje inexorable hacia la especialización. Los componentes de hoy son más flexibles y es posible ya reutilizar el software que prometiera desde hace tiempo la programación orientado por objetos.
- Juzgan la arquitectura del sistema desde el punto de vista del usuario.
- Invierten en infraestructura. Ahorrar gastos en hardware o comunicaciones es a menudo un falso ahorro: un efecto de los días en que estas cosas eran caras. Ahorrar dinero ahora traerá otros gastos posteriores.
- Reflejan la arquitectura de su organización en la arquitectura del sistema. Por ejemplo, organizaciones centralizadas necesitan un sistema centralizado, mientras que organizaciones descentralizadas se adaptan mejor a sistemas distribuidos. Esto es una directiva más que una regla.
- A la hora de elegir entre distintas aplicaciones toman como principales criterios la facilidad de uso y el impacto en el negocio.
- Eliminan los proyectos fallidos o débiles rápidamente. Cada dólar invertido en un proyecto débil o fallido es un dinero malgastado dos veces: aprende la lección, evita recriminaciones y corrige el problema.
- Valoran el capital intelectual. El principal activo de un departamento de arquitectura de sistemas son las personas y los procedimientos que conocen o desarrollan. Es preciso cuidar apropiadamente esos aportes.
- Evitan innovaciones.

Estos puntos no pretenden ser una línea de actuación para beneficiar una arquitectura evolutiva, son una lista de observaciones procedente de organizaciones que manejan arquitecturas con estas características.

## LA REVOLUCIÓN DE LOS COMPONENTES

Dos décadas después de comenzar a recorrer el camino, por fin se tiene la tecnología suficiente para crear y ensamblar componentes que otras ramas de la ingeniería disfrutaban desde hace mucho tiempo. Hasta hace poco la industria del software atravesaba una grave crisis: las

empresas demandaban desarrollos cada vez más y más complejos, en plazos de tiempo cada vez más ajustados, y a precios más competitivos. La actividad de desarrollar software es ya de por sí lo suficientemente lenta y frustrante como para tener que aguantar esto. En la historia se encuentran otros sectores de la industria que atravesaron por estos problemas: el ejemplo más claro lo representa la industria automovilística. Actualmente el trabajo en las plantas donde se construyen los autos se limita al ensamblar componentes; estos componentes se suministran listos para que los proveedores, especializados en la fabricación de los mismos, realicen un montaje para el que, posiblemente, no tengan idea de los conocimientos necesarios para hacer componentes distintos. La tecnología de componentes va de la mano de la especialización.

Pero la especialización no fue inventada por la industria del automóvil, la naturaleza la usa desde hace millones de años. Los seres vivos se constituyen de órganos, y cada uno es un conjunto de células altamente especializadas. La ventaja de este esquema es cada uno de ellos puede desenvolverse sin interferencia de los otros. Volviendo al ejemplo de la planta de ensamble de automóviles, las interfaces y especificaciones de todos sus componentes se acuerdan de antemano para que no haya sorpresas durante el proceso. Estas interfaces entre componentes se definen de la forma más simple posible para acelerar el tiempo de montaje. En cualquier caso, en la industria del software se tienen otras peculiaridades: la replicación masiva nunca ha sido problema, el principal objetivo es la personalización masiva: disponer de una amplia variedad de productos basados en un esqueleto común.

#### LA LEY DE MOORE EN EL SOFTWARE

En esencia, un componente de software es una pieza que realiza funciones bien definidas y posee una interfaz bien definida. Claros ejemplos de los primeros componentes son por ejemplo los VBX, introducidos por Visual Basic, o los *plug-ins*, de Photoshop. Fueron pasos importantes, pero aún tenían dos defectos importantes por superar: sólo servían para un producto específico y, por tanto, de valor limitado, y se concibieron

como ampliaciones de la aplicación original, mientras que en las verdaderas aplicaciones basadas en componentes, éstos constituyen casi la totalidad de la aplicación.

Las tecnologías recientes van más allá: *Actives*, *Java Beans*, componentes desarrollados con herramientas que cumplen las especificaciones CORBA, SAP, etc. Estas tecnologías potencian los dos principales beneficios de la tecnología de componentes:

- La división en componentes reduce la complejidad, permite la reutilización y acelera el proceso de ensamblaje de software.
- Los creadores de componentes pueden especializarse creando objetos cada vez más complejos y de mayor calidad.
- La interoperabilidad entre componentes de distintos fabricantes aumenta la competencia, reduce los costos y facilita la construcción de estándares. El software se hace cada vez más rápido, de mejor calidad y a menor costo.
- La principal implicación para la industria del software es que se dividirá en dos: fabricantes y ensambladores de componentes.

#### EL SECRETO ES... EL EMPAQUETADO

Si los componentes existen desde principios de los años 90 ¿por qué ahora suponen una revolución? Porque los beneficios son alcanzables sólo ahora, cuando la tecnologías para empaquetarlos alcanza la suficiente madurez. *Actives* y *Java Beans* son buenos ejemplos: ambos proporcionan los contenedores donde depositar el código, de forma que pueden ser manejados sin importar el lenguaje en el que están escritos.

El empaquetado del código tardó tanto en desarrollarse debido a que va en contra de la norma de la mayoría de los programadores quienes persiguen la eficiencia del código por encima de la eficiencia en el desarrollo. En los principios de la informática las máquinas eran caras y los programadores baratos, de forma que eran “programados” para conseguir los mejores rendimientos con sus desarrollos, y la idea de colocar capas de código innecesario, con el único propósito de facilitar el desarrollo de aplicaciones, parecía impensable.

Hoy, por el contrario, las máquinas son baratas y la gente que sabe trabajar con ellas muy cara. Entonces aparecieron las técnicas orientadas por objetos: colocar datos y funciones juntas para formar objetos, fue un gran paso sin el que ninguna de las tecnologías de empaquetado de componentes actuales hubiera prosperado. La orientación por objetos es el mayor paradigma que jamás existió en el mundo de la informática. No obstante, los primeros intentos de empaquetado de código fueron un fracaso: los desarrolladores no podían creer que el envoltorio fuese más complejo que el código que contenía. Actualmente, el empaquetado de código sigue siendo complejo y arrastra considerables problemas: aumenta considerablemente el tamaño de los programas, empeora el rendimiento de éstos y hace consumir más recursos en las máquinas donde se ejecutan. Exactamente los mismos problemas que se les atribuyen a las GUI y a pesar de ello prácticamente todo el mundo usa alguna.

A pesar de estos problemas las ventajas superaron a los inconvenientes y, aunque las tecnologías de empaquetado de código siguen siendo muy complejas de construir, alcanzaron un alto grado de facilidad de uso, de forma que los desarrolladores dedicados a la fabricación de componentes sólo tienen que ocuparse de desarrollar cada vez mejores componentes, sin preocuparse de nada más.

A pesar de que hoy existen diversas técnicas de empaquetado de componentes, con grandes diferencias según de donde procedan, también tienen importantes similitudes:

- **Transparencia** en cuanto a la localización, lo que permite usar un componente sin la preocupación de dónde se encuentra físicamente, incluso si éste se cambia de sitio.
- **Definición de la interfaz.** Especifican la interfaz que el componente proporciona de forma independiente al lenguaje de programación o del sistema operativo donde se usará. Normalmente se inspiran en la sintaxis usada por las DLL, muy similar a la usada en las llamadas a funciones en C++.
- **Invocación.** Soporte para cargar y ejecutar los componentes cuando sean necesarios,

enviando y recibiendo eventos, y comunicándose con otros componentes y el resto de la aplicación a través de la red.

- **Introspección.** Una forma de aislar el componente del mundo exterior, lo que permite centrarse solamente en lo que hace y cómo lo hace.
- **Distribución.** Los componentes pueden transmitirse a través de una red.

La explosión de la tecnología de componentes fue lenta, en parte debido al sentimiento de insatisfacción que la orientación por objetos dejó en sus inicios: las promesas de facilidad en la reutilización de código nunca fueron cumplidas, hasta ahora.

### **CREAR LA ARQUITECTURA DE UNA EMPRESA**

Diseñar la arquitectura de sistemas de una gran organización es una tarea que puede resultar intimidatoria a mucha gente; son tres los requisitos para empezar: un departamento de arquitectura, la redacción de un anteproyecto de diseño de la arquitectura y un documento que recoja los valores que impulsará. Es fácil de olvidar, dado el alcance actual, que el uso de la informática en las organizaciones es un fenómeno relativamente reciente. No es de extrañar que las estructuras y procesos, para obtener un valor real de esta inversión, hayan retrasado la inversión en sí misma, y el resultado fue un gigantesco enredo.

La tónica aplicada hasta el momento por la mayoría de las empresas es buscar la robustez de los estándares, a través de compra de tecnología a un único fabricante o exigiendo el desarrollo de aplicaciones que funcionen sobre una rígida arquitectura. Lo primero es crear la dirección de arquitectura, que coordine y se asegure de que la arquitectura del sistema facilita a las aplicaciones existentes -y futuras- la consecución de los objetivos de la empresa. Las tareas del departamento de arquitectura implican: amplia visión de la actividad de la organización, estar al día de los más relevantes progresos tecnológicos y asegurarse de que los equipos que trabajan en el desarrollo de aplicaciones cumplen las directivas oportunas. El jefe del departamento de arquitectura debe jugar entre el punto de vista del empresario y el

del técnico; debe ser pragmático antes que idealista; evangelista antes que dictador; y debe, por supuesto, ser de la absoluta confianza del director de sistemas de la organización.

Para comprender donde no se debe de meter el departamento de arquitectura, volvamos al modelo de cuatro capas de la organización: los desarrolladores son sus clientes y los responsables de la infraestructura sus proveedores. Los arquitectos de sistemas que pasan demasiado tiempo eligiendo sistemas operativos o rediseñando las líneas de negocio de su organización, no invierten el tiempo necesario en su trabajo.

De cualquier modo, la línea de división entre infraestructura y arquitectura puede ser muy difícil de ver: muchos de los elementos que en un momento dado forman parte de la arquitectura, posteriormente se consideran parte de la infraestructura, como ocurre con las redes locales y ocurrirá con los sistemas de mensajería. En cualquier caso, es responsabilidad del jefe de arquitectura promover este tipo de progresos, porque como es lógico, con una débil infraestructura no es posible edificar una sólida arquitectura.

Una importante clave en el enfoque moderno de la informática es ver las aplicaciones como una colección de servicios. Estos servicios deberían ser, hasta donde sea posible, independientes unos de otros, de forma que se puedan sustituir, eliminar o añadir nuevas funcionalidades sin demasiado esfuerzo. Separar de esta forma los servicios proporciona el valor añadido de poder elegir la mejor tecnología para cada uno de ellos: los datos de los clientes en una base de datos relacional, los de los empleados en un directorio que cumpla las especificaciones LDAP y las descripciones de los productos en un servidor web.

El problema en este idílico paisaje es que la mayoría de los servicios con las que ya cuenta la organización no están correctamente empaquetados y con sus interfaces bien definidas, sino que se encuentran sepultados bajo aplicaciones existentes, en paquetes cerrados de sistemas propietarios. Por esto es necesario un

anteproyecto del sistema que se desea tener, de forma que se pueda trazar un camino para llegar hasta él. Cualquier nuevo diseño debe responder a dos preguntas: de qué servicios existentes se puede hacer uso y a qué nuevo servicio se puede contribuir. Esto supone no volver a pensar en aplicaciones aisladas, para comenzar a pensar en términos de compartir servicios de aplicaciones.

El último punto es crear un documento con los valores de la arquitectura. Debe ser un documento breve, de menos de 1000 palabras, distribuido a todo el personal de sistemas de la empresa. Debe cubrir puntos como: definir cuando se deben usar dos capas y cuando tres; qué *middleware* se usará y que estándares -sistemas operativos, de mensajería, etc.- no están abiertos a debate; ser un documento deliberadamente minimalista, permitiendo libertad a la gente con creatividad para elegir cuál es la mejor solución para resolver su problema particular.

Es necesario concentrarse en tres ventajas fundamentales que este documento debe aportar: 1) elimina los debates estériles al señalar claramente qué puntos no están abiertos a debate, de forma que el personal se centre en debatir los problemas reales; 2) ayuda a identificar al personal que cumple los mejores requisitos para trabajar con la arquitectura, de forma que se puede utilizar este documento como criterio de selección de los nuevos técnicos; y 3) le proporciona a los técnicos la posibilidad de enfocar sus esfuerzos y su creatividad en campos en los que realmente serán apreciados.

A continuación se muestra un ejemplo muy simple a partir del cual se podría empezar a trabajar:

*Este documento, que muestra nuestra posición frente a los más relevantes puntos de la arquitectura de sistemas de esta empresa, fue redactado por [el jefe de arquitectura] y ratificado por [el director de sistemas]. Fue revisado por última vez en [fecha] y, si ha transcurrido más de un año, probablemente tienes en tus manos una versión obsoleta.*

*Este documento se redactó con la idea de facilitar el trabajo a todo el personal de sistemas de [nombre de la organización] y no para censurarlo ni limitarlo. Si tienes una razón lo suficientemente fuerte como para contravenir*

alguno de los puntos aquí indicados, documéntala y hazla llegar.

1. Nunca olvides que la actividad de nuestra empresa está encaminada a [actividad de la empresa] y que en el departamento de sistemas nuestra principal prioridad es desarrollar sistemas que soporten esa línea de negocios. Dejemos a otros la innovación en la tecnología para que nosotros innovemos en cómo aplicar esa tecnología en una aplicación real.
2. Debemos maximizar el valor de nuestro trabajo desarrollando servicios para aplicaciones en lugar de aplicaciones aisladas, permitiéndonos reutilizar en el futuro esos servicios para crear nuevas aplicaciones rápida y fácilmente. Nuestro anteproyecto de servicio de aplicaciones define los servicios que necesitamos y si existen o no en este momento. Cuando diseñes nuevas aplicaciones te pedimos que uses todos los servicios existentes que necesites y consideres a qué nuevos servicios puede contribuir tu aplicación.
3. En el nivel más bajo pensamos que todas las aplicaciones deben de estar ensambladas por componentes software. La tecnología que uses para ello no es tan importante, pero a menos que tengas una buena razón para no hacerlo preferimos que uses [tecnología de componentes preferida, por ejemplo ActiveX] porque [motivos para preferirla, por ejemplo, parece que dominará el mercado durante algunos años].
4. Deseamos que las herramientas y tecnologías basadas en Web sean estándares en nuestra empresa de aquí a dos años. Considera esto y realiza una aproximación siempre que sea posible.
5. Usa tres capas para todas las aplicaciones no triviales -por ejemplo, las entradas simples de datos podrían ir sobre dos capas. Esto facilita el mantenimiento y la reutilización del código y mejora el rendimiento de las aplicaciones.
6. Para aplicaciones basadas en objetos distribuidos, preferimos [nombre de la tecnología, por ejemplo CORBA]. Valoramos el tiempo de desarrollo por encima del purismo.
7. Excepto para algunos informes especiales, no necesitamos recoger datos de ningún tipo. Existe una estrategia especial de Data Warehouse que se encarga de ello.
8. Si puedes encontrar un paquete desarrollado que realice el 80% de la funcionalidad que buscamos úsalo, en otro caso considera un desarrollo a medida: la excesiva personalización de un paquete conlleva demasiados riesgos. Los paquetes que no son lo suficientemente abiertos para jugar su papel de colaboración en nuestro anteproyecto de

servicios de aplicaciones, deberían ser rechazados.

9. Esperamos que la comunicación entre aplicaciones se realice mediante RPC y productos de mensajería.
10. Toma como inamovible la actual infraestructura. En ella incluimos Windows 7 y Office 2007. No desarrolles nada sobre entornos de 32 bits. Utiliza siempre entornos de 64 bits.
11. Considera la inversión en personal específico cuando investigues nuevas herramientas. Para la mayoría de las herramientas, esta inversión excede cualquier otra diferencia técnica de las mismas. Esto significa que tenemos una serie de preferencias: Oracle para bases de datos relacionales, SQL vía ODBC para el acceso a los datos, Microsoft Windows Server como servidores, C++ o Java como herramientas de desarrollo de tercera generación y .NET como herramienta de cuarta generación.
12. Evita reemplazar aplicaciones actuales a menos que sea totalmente indispensable.

## LA ARQUITECTURA MODERNA

Publicar un conjunto de valores para una arquitectura requiere que estar bien informados. El punto de vista de un jefe de arquitectura debe contemplar los siguientes puntos:

- Estándares. El desarrollo de Internet y todas las tecnologías que van con ella está revolucionando el mundo de la informática. Algunos de sus efectos son rápidamente visibles, pero otros no lo son tanto. El jefe de arquitectura debe de estar bien informado de los estándares emergentes. En algunos casos aparecen problemas serios a la hora de tomar partido por dos estándares que, aparentemente, poseen la misma funcionalidad; por ejemplo DCOM y CORBA. La decisión debe tomarse recopilando información claramente imparcial y, si no es posible o no es lo suficientemente aclaratoria, deben probarse. Lo peor que se puede hacer es no usar ninguno de los dos.
- La capa intermedia. Ya se vio que uno de los grandes progresos de la arquitectura moderna es la subdivisión del software. El “pegamento” que une estas partes para formar una aplicación completa, es lo que se conoce como *middleware*. Por ejemplo, dos programas A y B corriendo separadamente cada uno en una máquina:

A llama a B con un problema; B trabaja en la resolución del mismo y cuando acaba devuelve la respuesta a A. El *middleware* es el que permite esta funcionalidad, pero existen algunos problemas derivados de esta forma de actuación ¿qué debería hacer el proceso A mientras que B trabaja en la resolución de su problema? ¿esperar? ¿Cómo puede B comunicarle a A algo a menos que éste lo requiera? ¿Cómo puede B saber dónde se encuentra A? ¿Qué hace A si B se cae? ¿Si B es reemplazado? ¿Si cientos de A's requieren una respuesta de una única instancia de B? Como vemos, los *middlewares* deben resolver complejas situaciones pero sin añadir excesiva complejidad a la arquitectura.

Existen dos tipos esenciales de *middlewares*: los basados en Remote Procedure Calls RPC y los basados en Message Oriented Middleware MOM. *Middleware*s basados en MOM son inherentemente asíncronos y lo más difícil en ellos es definir correctamente la estructura de los mensajes. Los *middlewares* basados en RPC son más sencillos de usar, puesto que la sintaxis de las llamadas es prácticamente idéntica a la de una llamada en C, pero el rendimiento de estos sistemas suele ser más pobre. Existen algunos fabricantes que distribuyen productos capaces de funcionar en uno u otro modo. La mejores herramientas de hoy están basadas en CORBA, están orientadas a mensajes y tienen como inconveniente que son más difíciles de usar por los programadores. Las herramientas de Microsoft basadas en COM+ son más limitadas pero muy sencillas de usar y son recomendables si anteponeamos esta característica a la longevidad y la calidad del producto.

- Estructura cliente/servidor a dos o tres capas. La estructura cliente/servidor a dos capas nació el día en que alguien conectó su PC a una máquina UNIX. A los usuarios les gusta la facilidad de uso de los PC y a los administradores la seguridad que les reporta un servidor UNIX. Nadie lo llamó entonces arquitectura a dos capas porque no existía ninguna otra. La novedad de contar con una interfaz gráfica en lugar de una pantalla verde en modo texto fue bien recibida. Los desarrolladores comenzaron

entonces a enriquecer sus productos con nuevas funcionalidades a sus productos, gracias a las mejores herramientas de desarrollo existentes para los PC. Los clientes “engordaron” haciéndose más pesados y lentos. La alternativa, meter parte de esta nueva funcionalidad en el backend no era demasiado atractiva, así que se buscó la solución introduciendo una tercera capa central, situada entre el cliente y el servidor, para sostener gran parte del peso de esta nueva funcionalidad.

Pese a sus evidentes ventajas, los sistemas en tres capas tardaron en generalizarse debido a que son mucho más caros y difíciles de desarrollar. La arquitectura cliente/servidor a dos capas sigue siendo útil para la mayoría de los casos y ahora aparece la tecnología web para acercar la arquitectura a tres capas a las masas.

- La web. La tecnología web cambió sustancialmente la forma en que las aplicaciones se desarrollan. Pero la web tiene muchas más cosas que ofrecer que meramente la apariencia externa: Internet pronto conectará a la totalidad de computadores, lo que cambiará por completo las reglas del desarrollo de aplicaciones; las organizaciones que permanezcan aisladas no podrán beneficiarse de estas grandes ventajas: clientes -actuales y potenciales-, empleados y proveedores estarán continuamente conectados. La web popularizó también un gran conjunto de tecnologías actuales y pasadas -HTML, TCP/IP, Java, etc. Los arquitectos tenemos ahora un mayor conjunto de herramientas para jugar.

Veamos un caso típico: una herramienta cliente podría consistir simplemente en una amistosa interfaz HTML utilizable mediante un navegador. Este cliente se conecta a través de un servidor web con una capa intermedia formada por componentes escritos en diversos lenguajes - C++, Visual Basic y Java- y empaquetados con *Actives* o *Java Beans*. Todo ello se sustenta sobre un servidor de transacciones -como Microsoft MTS o TP Tuxedo- y se conecta a una tercera capa

de aplicaciones propietarias -mediante Microsoft MQ o IBM MQSeries- y con un servidor de bases de datos vía ODBC. Todo ello permanece unido mediante un lenguaje basado en scripts como Java Scripts o Visual Basic Scripts. Arquitecturas como ésta popularizan por primera vez en la historia de la informática los beneficios de los lenguajes de componentes y la estructura a tres capas.

- Empaquetado. Utilizar tecnología de componentes empaquetados puede ahorrar años de desarrollo. Se ahorran en costos de desarrollo y mantenimiento y se logran beneficios como la robustez que proporcionan los componentes que son testeados por cientos de usuarios. Los problemas comienzan con la personalización. Habitualmente los paquetes de software no cumplen exactamente el 100% de los requisitos, y la arquitectura puede adaptarse a ellos o, lo que parece más lógico, adaptarlos a ella. Por regla general, si se encuentra un paquete que cumple el 80% de los requisitos, se debe comprar y personalizar; si los requisitos que cumple están por debajo de este porcentaje, es mucho mejor desarrollar el sistema. Las personalizaciones complejas pueden ser caras y, a menudo, inviables.

Donde mejor se comportan los paquetes es en los procesos que son prácticamente iguales en multitud de empresas, como la facturación, o cuando lo que se quiere es personalizar el contenido y no la funcionalidad, como en sistemas de datos de gestión documental. A veces ocurre que se desea sustituir un paquete, pero parte de su funcionalidad es indispensable para otros elementos: el paquete se convierte en parte de la arquitectura. Para evitar estos indeseables efectos, se deben envolver los paquetes y realizar la integración contra este envoltorio. Esto encarece el costo de desarrollo pero, a la larga, mejora la flexibilidad de nuestro sistema.

- Envolviendo sistemas propietarios. Muchos sistemas propietarios proporcionan funcionalidades muy valiosas en determinadas misiones críticas. Son fruto de años de experiencia y su uso en una

arquitectura bien diseñada puede ser muy beneficioso. La forma de conseguirlo es envolverlo con una interfaz que lo haga comportarse como uno de los paquetes existentes. A pesar de usar tecnologías obsoletas, los sistemas propietarios suelen usar dos capas bien definidas: presentación lógica y almacenamiento de datos. La mejor forma de envolverla es acceder directamente a la lógica de la aplicación. Para ello la aplicación debe proporcionar un API. Si esto no es posible, la segunda opción sería acceder directamente a los datos almacenados. Esto supone un perfecto conocimiento de la estructura de almacenamiento de la aplicación y, a menudo, tener que solventar problemas de sincronización y gestión de bloqueos. La última línea de ataque sería atacar el nivel de presentación. El envoltorio se comunica con la aplicación igual que lo haría un usuario. Tecleando datos y recogiendo respuestas de la salida por defecto por medio de una interfaz de terminal. Las tres técnicas son caras y difíciles, pero seguramente usar la aplicación será mucho mejor que desecharla o desarrollar otra similar.

## CONCLUSIONES

Como puede abstraerse del anterior artículo, la especialización de la labor de los Ingenieros de Sistemas es cada vez más necesaria. Las funciones que antes se consideraban simples o de rutina, hoy se convierten en complejas ingenierías de intervención, lo que exige a los profesionales de la informática la adquisición de conocimientos que la educación de un pregrado no le brinda.

De acuerdo con esta visión es necesario dividir la formación en Ingeniería de Sistemas, ciencias computacionales, Ingeniería Informática o como se llame en cada país, en dos áreas claramente establecidas por las exigencias de los actuales Sistemas de Información: Arquitectos de Sistemas e Ingenieros de Software. Los primeros se encargan de diseñar, construir y mantener la arquitectura sobre la que se soportará el *core* del negocio y el manejo de la información que circula en todos los procesos de la empresa, y los segundos se especializan en diseñar,



desarrollar y mantener los programas que transitan sobre la arquitectura y convierten los datos en información para la toma de decisiones y el soporte de la empresa.

Es el momento preciso para que se actualicen los programas de formación de ingenieros en el área de los sistemas, ya no es suficiente

con tener micro-conocimientos de una cantidad de conceptos y materias a lo largo de ciclos de formación, hoy es necesaria la especialización en alguna de las mencionadas áreas, y la decisión debe tomarse con la misma prontitud y estructuración con la que los desarrollos tecnológicos se producen.

Ω

# NOMBRES DE CIENCIA

En esta sección se describirá en cada número la vida de los hombres de ciencia más representativos en cada área. La idea es recordar su labor, sus aportes y datos más sobresalientes que los hacen científicos modelo para la humanidad.

Buscamos no olvidar a aquellos que vivieron o viven y han hecho una excelente labor en pro de la difusión del conocimiento y el desarrollo científico, para hacer de este planeta un mejor lugar para vivir, con responsabilidad y respeto por los derechos de todos los seres vivos que lo habitan y por buscar un mejor futuro para las próximas generaciones que lo habitarán.

Se trata de mantener memoria viva de estas personas cuyo aporte nos permite estar en el nivel de desarrollo que actualmente tiene la humanidad. Aunque no podemos aún definirnos como civilizados, la sociedad del siglo XX es producto de siglos de progreso, aportes, ideas y experimentos que la moldearon hasta convertirla en lo que es. Esos aportes e ideas tuvieron un padre, un creador, un impulsor, y es a esa persona a la que no queremos olvidar.

No tenemos un orden, una corriente o una clasificación específica para tratar la vida de alguno de ellos, pueden ser propuestos por nuestros lectores o en su defecto, se seleccionarán de acuerdo con el momento, la representatividad de sus ideas en este siglo o simplemente porque la edición de la revista concuerda con alguna fecha especial en su vida.

## EDSGER WYBE DIJKSTRA

**Edgar Serna Montoya**

Grupo de investigación SISCO. Funlam, Colombia  
[edgar.sernamo@amiqo.edu.co](mailto:edgar.sernamo@amiqo.edu.co)

(Artículo de TRADUCCIÓN) (Recibido el 18 de febrero de 2009. Aceptado el 14 de mayo de 2009)



Rotterdam, Mayo 11 de 1930 - Nuenen, Agosto 6 de 2002

Fue uno de los más influyentes miembros de la generación fundadora de las ciencias computacionales. Son notables sus aportes científicos en las áreas de:

- Diseño de Algoritmos
- Lenguajes de programación
- Diseño de programas
- Sistemas operativos
- Procesamiento distribuido
- Especificación y verificación formal
- Diseño de argumentos matemáticos

Además, fue admirable su incesante deseo por enseñar y por lograr la integración entre la ciencia computacional académica y la industria del software. En sus casi cuarenta años como científico computacional influyó a ambos sectores, y sus contribuciones le merecieron innumerables premios y reconocimientos, incluyendo el más alto honor de las ciencias computacionales, el ACM Turing Award en 1972.

Estudió física teórica en la Universidad de Leiden. Trabajó como investigador para Burroughs Corporation a principios de los años 1970. En la Universidad de Texas en Austin, Estados Unidos, ocupó el Schlumberger Centennial Chair in Computer Sciences. Se retiró en 2000.

Entre sus contribuciones a la informática están “el algoritmo de caminos mínimos”, también conocido como “Algoritmo de Dijkstra”, y haber sido el impulsor de un nuevo paradigma para la época, “la programación estructurada”. Era conocido por su baja opinión de la sentencia GOTO en programación, que culminó en 1968 con su artículo “*Go To Statement Considered Harmful*”, visto como un paso importante hacia el rechazo de esta expresión y de su eficaz reemplazo por estructuras de control como el bucle *while*. Era un aficionado bien conocido de Algol60 y trabajó en el equipo que desarrolló el primer compilador para este lenguaje; creó el primer sistema operativo con estructura jerárquica de niveles o capas, denominado “THE” - Technische Hogeschool, Eindhoven- que se utilizó con fines didácticos.

Desde los años 70, su principal interés fue la verificación formal. La opinión que prevalecía entonces era que primero se debe escribir un programa y seguidamente proporcionar una prueba matemática de su corrección. Dijkstra objetó que las pruebas que resultan son largas e incómodas, y que la prueba no da ninguna comprensión de cómo se desarrolló el programa. Diseñó un método alternativo al que llamó “la derivación de programas”, según el cual se deben

“desarrollar prueba y programa conjuntamente”: se comienza con una especificación matemática de lo que se supone que el programa va a hacer, luego se aplican transformaciones matemáticas a la especificación hasta que se transforma en un programa que se pueda ejecutar. El programa resultante se determina correcto por construcción. Muchos de sus últimos

trabajos tratan sobre las maneras de hacer fluida la argumentación matemática. Dijkstra murió el 6 de agosto de 2002 después de una larga lucha contra el cáncer.

La siguiente es la traducción al español de su artículo: “*On the cruelty of really teaching computing science*” - EWD1036, de 1988.

## ACERCA DE LA CRUELDAD DE REALMENTE ENSEÑAR CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

*Edsger Wybe Dijkstra*

Esta charla trata de algunas de las consecuencias científicas y educacionales provenientes de la idea de que los computadores representan una novedad radical. Para darle contenidos claros a tal presunción, tenemos que ser mucho más precisos acerca de lo que se quiere decir en este contexto con el uso del adjetivo "radical". Lo haremos en la primera parte de esta charla, en la cual vamos a proveer evidencia que respalde esta suposición.

La manera usual con la cual se planifica hoy para el mañana es en el vocabulario de ayer. Lo hacemos porque tratamos de avanzar con los conceptos que nos son familiares, los cuales adquieren un significado en nuestra experiencia pasada. Por supuesto, las palabras y los conceptos no encajan precisamente porque nuestro futuro difiere de nuestro pasado, pero las estiramos un poco. Los lingüistas están bastante familiarizados con el fenómeno en el cual los significados de las palabras evolucionan en el tiempo, pero también saben que éste es un proceso lento y progresivo.

Es el método más común cuando se trata de lidiar con la novedad: utilizar metáforas y analogías para tratar de vincular lo nuevo con lo viejo, lo novedoso con lo familiar. En un proceso suficientemente lento y gradual, esto funciona razonablemente bien; en el caso de una discontinuidad aguda, sin embargo, el método colapsa: aunque podemos glorificarlo con el nombre "sentido común", nuestra experiencia pasada ya no es más relevante, las analogías se tornan muy superficiales, y las metáforas se hacen engañosas en vez de reveladoras. Esta es la situación que caracteriza a la novedad "radical".

Lidiar con una novedad radical requiere un método ortogonal. Debemos considerar su propio pasado, las experiencias recogidas y los hábitos formados en él como un

desafortunado accidente de la historia, y debemos acercarnos a la novedad radical con la mente en blanco, rechazando conscientemente el intento de vincularla con lo que ya nos es familiar, debido a que lo familiar es desesperanzadamente inadecuado. Debemos, con una especie de personalidad dividida, tomar una novedad radical como algo desasociado por propio derecho. Comprender una novedad radical implica crear y aprender un lenguaje extraño, el cual no puede ser traducido a nuestra lengua materna -Cualquiera que haya aprendido mecánica cuántica sabe a lo que me refiero. No hace falta decirlo, ajustarse a las novedades radicales no es una actividad muy popular, ya que requiere mucho trabajo. Por la misma razón, las novedades radicales no son por sí mismas bienvenidas.

A esta altura, bien se pueden preguntar por qué he prestado tanta atención y gastado tanta elocuencia en una noción tan simple y obvia como una novedad radical. Mi razón es muy simple: las novedades radicales son tan perturbadoras que tienden a ser suprimidas o ignoradas, al punto que la mera posibilidad de su existencia generalmente se niega antes que admitirla.

Voy a ser breve en cuanto a la evidencia histórica. Carl Friedrich Gauss, el Príncipe de los Matemáticos -pero algo cobarde-, sin duda estaba al tanto del destino de Galileo- y, probablemente, podría haber predicho las

acusaciones a Einstein- cuando decidió suprimir su descubrimiento de la geometría no Euclidiana, dejando que Bolyai y Lobatchewsky recibieran las críticas. Es probablemente más revelador ir un poco más atrás, a la Edad Media, en la que era característico pensar que "razonar mediante analogías" era descontrolado; otra característica era el total estancamiento intelectual, y ahora vemos porque ambas características van juntas.

Una razón para mencionar esto es resaltar que, si se desarrolla un oído entrenado para las analogías no garantizadas, uno puede detectar gran cantidad de pensamiento medieval hoy. La otra cosa que no puedo resaltar lo suficiente es que la fracción de la población, para la cual el cambio gradual parece ser cualquier cosa menos el único paradigma de la historia, es muy grande, probablemente mucho más grande de lo que se esperaría. Ciertamente cuando comencé a observarlo, su número resultó ser mucho mayor de lo que esperaba. Por ejemplo, la gran mayoría de la comunidad matemática nunca confrontó la suposición tácita de que hacer matemáticas continúa básicamente como el mismo tipo de actividad mental que siempre fue: los nuevos temas vendrán, florecerán y se irán como lo hicieron en el pasado; pero siendo lo que es el cerebro humano y nuestras formas de enseñar y aprender, el entendimiento, las matemáticas, la resolución de problemas y el descubrimiento matemático continuarán siendo básicamente lo mismo.

Herbert Robbins expone claramente por qué descarta un salto cuántico en la habilidad matemática:

*Nadie va a correr 100 metros en cinco segundos, sin importar cuánto se invierta en entrenamiento y máquinas. Lo mismo puede decirse acerca del uso del cerebro. La mente humana no es diferente ahora de lo que era hace cinco mil años. Y cuando se trata de matemáticas, hay que darse cuenta que se trata de utilizar la mente humana al límite de su capacidad.*

Mi comentario en el margen fue "*¡entonces reduzca el uso del cerebro y calcule!*". Usando la propia analogía de Robbins, se puede resaltar que, para ir rápido desde A hasta B, pueden existir alternativas a la de correr, que son órdenes más efectivas. Robbins rechaza de plano analizar cualquier

alternativa al valioso uso del cerebro, llamado "*hacer matemáticas*", alejando así el peligro de la novedad radical mediante el simple método de ajustar sus definiciones a sus necesidades: simplemente por definición, las matemáticas continuarán siendo lo que solían ser. Demasiado para los matemáticos.

Déjenme darles un ejemplo más de la desconfianza generalizada acerca de la existencia de las novedades radicales y, por consiguiente, de la necesidad de aprender cómo tratar con ellas. Es el accionar educacional que prevalece, para el cual el cambio, casi imperceptible, parece ser el paradigma exclusivo. ¡Cuántos textos educacionales no son recomendados porque apelan a la intuición del estudiante! Constantemente tratan de presentar todo aquello que podría ser una emocionante novedad, como les sea posible, como algo muy familiar. Conscientemente tratan de vincular el material nuevo con lo que se supone es el mundo familiar del estudiante. Por ejemplo al enseñar aritmética: en lugar de enseñar  $2 + 3 = 5$ , el horrendo operador aritmético "más" es cuidadosamente disfrazado llamándolo "y", y a los pequeños niños se les presentan primero varios ejemplos familiares, con objetos claramente visibles como manzanas y peras, en contraste al uso de objetos numerables como porcentajes y electrones, que no lo son. La misma tonta tradición se refleja en la universidad en diferentes cursos introductorios de cálculo para los futuros físicos, arquitectos o economistas, en los que cada uno los adorna con ejemplos de sus respectivos campos.

El dogma educacional parece ser que todo está bien siempre y cuando el estudiante no se dé cuenta que está aprendiendo algo verdaderamente nuevo; generalmente, el presentimiento del estudiante es de hecho correcto. Considero como un serio obstáculo la falencia de una práctica educativa en preparar a la próxima generación para el fenómeno de novedades radicales. Cuando el Rey Fernando visitó la conservadora universidad de Cervera, el Rector orgullosamente le dijo al monarca: "*Lejos esté de nosotros, Señor, la peligrosa novedad de pensar*". Los problemas de España en el siglo que siguió justifican mi caracterización del problema como "serio". Demasiado para

adoptarse en la educación el paradigma de cambio gradual.

El concepto de novedades radicales es de importancia contemporánea ya que, mientras estamos mal preparados para tratar con ellas, la ciencia y la tecnología no se muestran expertas en influirlas sobre nosotros. Ejemplos científicos antiguos son la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica; ejemplos tecnológicos modernos son la bomba atómica y la píldora. Durante décadas, los dieron lugar a un torrente de corrientes religiosas, científicas o cuasi-científicas. Día a día podemos observar el profundo error de enfoque con el cual los últimos se abordan, ya sea por nuestros políticos y líderes religiosos o por el público en general. Demasiado para el daño hecho a nuestra paz mental por las novedades radicales.

Traje esto a colación debido a mi convencimiento de que las computadoras automáticas representan una novedad radical y de que sólo identificándolas como tal podemos identificar todo lo irrelevante, los conceptos errados y la mitología que las rodea. Una inspección más a fondo revelará que esto es todavía peor, ya que que las computadoras automáticas engloban no sólo una novedad radical sino dos de ellas. La primera es una consecuencia directa del poder bruto de las computadoras actuales. Todos sabemos cómo tratar con algo tan grande y complejo: divide y vencerás; por ejemplo, vemos el todo como una composición de partes y tratamos con las partes por separado, y si una parte es muy grande, repetimos el procedimiento: la ciudad se estructura en barrios, que a su vez se estructuran en calles, que contienen edificios, que están hechos de paredes y pisos, que están construidas de ladrillos..., eventualmente se llega a las partículas elementales. Y tenemos a todos nuestros especialistas sobre el tema, desde el ingeniero civil, el arquitecto y el físico de estado sólido y demás. Ya que, en cierto sentido, el todo es más grande que sus partes, la profundidad de una descomposición jerárquica es algún tipo de logaritmo del cociente entre los tamaños del todo y las partes más pequeñas.

Desde un bit a cien mega bytes, desde un microsegundo a media hora de cómputos,

confrontamos un cociente completamente abrumador de  $10^9$ . El programador está en la desigual posición en la que la suya es la única disciplina y profesión donde un cociente tan gigante, lo cual completamente sobrepasa nuestra imaginación, debe consolidarse por una sola tecnología. Debe poder pensar en términos de jerarquías conceptuales que son mucho más profundas que todas aquellas que debió enfrentar una sola mente alguna vez. Comparado con ese número de niveles semánticos, la teoría matemática promedio es casi plana.

Evocando la necesidad de profundas jerarquías conceptuales, la computadora automática nos confronta con un radical desafío intelectual que no tiene precedente histórico. Nuevamente, debo enfatizar esta novedad radical ya que el verdadero creyente en el cambio gradual y las mejoras incrementales no puede verla. Para él, una computadora automática es algo como una familiar caja registradora, sólo que algo más grande, rápida y más flexible. Pero la analogía es ridículamente superficial: en órdenes de magnitud es como comparar un medio de transporte como el avión supersónico, con un bebé que gatea, ya que el cociente de velocidad es sólo de mil.

La segunda novedad radical es que la computadora automática es nuestro primer dispositivo digital de gran escala. Tuvimos un par de notables componentes discretos: acabo de mencionar la caja registradora y podemos agregar la máquina de escribir con sus teclas individuales, con un sólo golpe podemos escribir una Q o una W pero, aunque las teclas están una al lado de la otra, nunca se mezclan las dos. Pero tales mecanismos son la excepción, y la amplia mayoría de nuestros mecanismos son vistos como dispositivos analógicos cuyo comportamiento sobre un amplio rango es una función continua de todos los parámetros involucrados: si presionamos la punta del lápiz un poco más fuerte, obtenemos una línea levemente más gruesa; si el violinista ubica su dedo levemente fuera de su posición correcta, reproduce una nota levemente desafinada. A esto debería agregar que, al punto que nos vemos como mecanismos, nos vemos primordialmente como dispositivos analógicos: si nos esforzamos un poco más esperamos rendir un poco más. A menudo el comportamiento no es solamente una función

continua sino también monótona, ya que para ver si un martillo es adecuado sobre un cierto rango de clavos, lo probamos con el más pequeño y el más grande de los clavos del rango, y si el resultado de ambos experimentos es positivo, estamos perfectamente predispuestos a creer que el martillo será apropiado para todos los clavos intermedios.

Es posible, inclusive tentador, ver un programa como un mecanismo abstracto, como alguna clase de dispositivo. Pero hacerlo, sin embargo, es altamente peligroso, ya que la analogía es muy superficial debido a que un programa es, como mecanismo, totalmente diferente de todos los familiares dispositivos analógicos con los cuáles crecimos. Como toda la información digitalizada, tiene la inevitable e incómoda propiedad de que la menor de las posibles perturbaciones -cambios a un sólo bit- puede tener las más drásticas consecuencias. Para complementar agrego que la situación no cambia en su esencia por la introducción de la redundancia o la corrección de errores. En el mundo discreto de la computación, no hay métrica significativa en la cual pequeños cambios y pequeños efectos vayan de la mano, y nunca los habrá. Esta segunda novedad radical comparte el destino usual a todas las novedades radicales: es negada, porque su verdad sería demasiado incómoda. No tengo idea lo que esta negación y descreencia específica le cuesta a los Estados Unidos, pero un millón de dólares al día parece una modesta estimación.

Luego de describir, en los términos más amplios posibles, lo admito, la naturaleza de las novedades computacionales, debo ahora proveer la evidencia de que tales novedades son, de hecho, radicales. Lo haré explicando una serie de fenómenos que de otra manera serían extraños por la frustrante ocultación o negación de su aterradora extrañeza. Cierta cantidad de estos fenómenos se agrupan bajo el nombre de "*Ingeniería de Software*". Así como la economía es conocida como "*La ciencia miserable*", la ingeniería de software debería ser conocida como "*La disciplina condenada*"; condenada porque ni siquiera puede acercarse a su meta, dado que la misma es en sí misma contradictoria. La ingeniería de software, por supuesto, se presenta a sí misma como otra causa valiosa,

pero no es así, ya que si lee cuidadosamente su literatura y analiza lo que realmente hacen quienes se avocan a ella, se descubrirá que la ingeniería de software adopta como estatuto el "*Cómo programar si usted no puede*".

La popularidad de su nombre es suficiente para hacerla sospechosa. En lo que denominamos sociedades primitivas, la superstición de que conocer el verdadero nombre de alguien otorgaba un poder mágico sobre él, no es inusual. Difícilmente somos menos primitivos: ¿por qué persistimos en contestar el teléfono con el poco útil "aló" en vez de nuestro nombre? Tampoco estamos por encima de la primitiva superstición de que podemos tener cierto control sobre algún demonio malicioso desconocido llamándolo por un nombre seguro, familiar e inocente, tal como ingeniería. Pero esto es totalmente simbólico, así como demostró uno de los fabricantes de computadoras de los EE.UU. hace unos años, cuando contrató a cientos de nuevos "*ingenieros de software*" mediante el simple mecanismo de elevar a todos sus programadores a ese exaltante rango. Demasiado para ese término.

La práctica está impregnada de la confortable ilusión de que los programas son simplemente dispositivos como cualquier otro, la única diferencia que se admite es que su fabricación pueden requerir un nuevo tipo de especialistas: los programadores. Desde allí hay sólo un pequeño paso hasta medir la "productividad del programador" en términos de la "cantidad de líneas producidas por mes". Esta es una unidad de medida muy costosa, porque anima a escribir código insípido, y si la idea es contar líneas de código, no deben verse como "líneas producidas", sino como "líneas gastadas". El sentido común actual es tan tonto como el hecho de contabilizar una cuenta del lado erróneo del balance.

Además de la noción de productividad, el control de calidad también se distorsiona por la confortable ilusión de que los programas funcionan como lo hacen otros aparatos. Han pasado ya dos décadas desde que se señaló que el *testing* de programas puede convincentemente demostrar la presencia de errores, pero nunca puede demostrar su ausencia. Después de citar devotamente este comentario bien publicitado, el ingeniero de

software vuelve al orden del día y continúa refinando sus estrategias de *testing*, tal como el alquimista de antaño, quien refinaba sus purificaciones crisocósmicas.

Un profundo malentendido revela el término “mantenimiento de software” como resultado del cual muchas personas creen que los programas -inclusive los mismísimos lenguajes de programación- están sujetos a desgaste y ruptura. Es famosa la historia de la empresa petrolera que creía que sus programas en PASCAL no durarían tanto como sus programas en FORTRAN “porque PASCAL no tenía soporte”. En el mismo sentido también llama la atención la sorprendente facilidad con que se acepta la sugerencia de que los males de la producción de software de deben, en gran medida, a la falta de “herramientas de programación” apropiadas -no falta sino que aparezca la frase “banco de trabajo del programador”. Nuevamente, lo miope de la analogía subyacente se debe a la Edad Media: las confrontaciones con las insípidas “herramientas” del tipo de “animación de algoritmos” con el que actualmente se quiere comparar al desarrollo de software, recuerda el proceso del negocio de aceite de serpientes de aquella época.

Finalmente, para corregir la posible impresión de que la inhabilidad de enfrentar la novedad radical está confinada al mundo industrial, analicemos la actual popularidad de la Inteligencia Artificial. Se esperaría que la gente se sintiera aterrorizada por los “cerebros gigantes de máquinas que piensan”; de hecho, el atemorizante computador se vuelve menos atemorizante si se utiliza solamente para simular un no-computador más familiar. Con toda seguridad que esta explicación será controvertida por bastante tiempo dado que la Inteligencia Artificial, como imitadora de la mente humana, prefiere verse a sí misma como a la vanguardia, mientras que la anterior explicación la relega a la retaguardia. “El esfuerzo de utilizar máquinas para imitar la mente humana siempre me ha parecido bastante tonto: las usaría para imitar algo mejor”.

Hasta aquí la evidencia de que las novedades computacionales son, de hecho, radicales. Ahora viene la segunda -y más difícil- parte de esta charla: las consecuencias educativas y científicas de lo ya expuesta. Las

consecuencias educativas son, por supuesto, las más engorrosas, por lo tanto se discutirán luego; primero tratemos con las ciencias de la computación en sí mismas. ¿Qué es la computación? ¿De qué trata la ciencia de la computación? Una vez que todo está dicho y hecho, la única cosa que los computadores pueden hacer por nosotros es manipular símbolos y producir resultados de tales manipulaciones. De las observaciones previas, es necesario recordar que este es un mundo discreto y, más aún, tanto los números como los símbolos involucrados y la cantidad de manipulaciones realizadas, son órdenes de magnitudes mayores a los que el hombre puede concebir: desconciertan totalmente cualquier imaginación y por lo tanto no es conveniente siquiera tratar de imaginarlas.

Pero antes que un computador esté listo para realizar alguna clase de manipulación con sentido -o cálculo, si se prefiere- es necesario escribir un programa. ¿Qué es un programa? Varias respuestas son posibles: se puede ver como lo que transforma un computador de propósito general en un manipulador de símbolos de propósito específico, y lo hace sin necesidad de cambiar un solo cable; lo que fue una enorme mejora respecto de las máquinas con paneles de cables dependientes del problema. Es mejor describirlo de la otra manera: un programa es un manipulador de símbolos abstracto, que puede convertirse en uno concreto suministrándole un computador. Después de todo, el propósito de los programas ya no es más instruir a las máquinas, en estos días, el propósito de las máquinas es ejecutar los programas.

Por lo tanto, es necesario diseñar manipuladores de símbolos abstractos. Que se vean como programas o, para usar una terminología más general, usualmente fórmulas de algún sistema formal un tanto elaboradas. Realmente ayuda ver a un programa como una fórmula: primero, pone la tarea del programador en la perspectiva correcta, tiene que derivar esa fórmula; segundo, explica por qué el mundo de las matemáticas ignora el desafío de la programación, los programas eran fórmulas mucho más largas que las usuales, al punto que ni siquiera las reconocieron como tales. Ahora, de vuelta al trabajo del programador: tiene que derivar esa fórmula, tiene que



derivar ese programa, y se conoce una única forma confiable de hacerlo, mediante la manipulación de símbolos.

Ahora el círculo está cerrado: se construyen manipuladores de símbolos mecánicos mediante la manipulación de símbolos humanos. Por lo tanto, la ciencia de la computación está -y siempre estará- relacionada con la interacción entre la manipulación de símbolos mecanizada y humana, usualmente llamadas “computación” y “programación”, respectivamente. Un beneficio inmediato de esta visión es que revela a la “programación automática” como una contradicción de términos; y un beneficio posterior es que indica dónde ubicar la ciencia de la computación en el mapa de las disciplinas intelectuales: en la dirección de la matemática formal y la lógica aplicada, pero mucho más allá de donde se encuentra actualmente, dado que la ciencia de la computación se interesa en el uso efectivo de los métodos formales en una escala mucho, mucho mayor de la que el ser humano ha sido testigos hasta ahora.

Dado que ningún emprendimiento es respetable por estos días sin una Sigla de Tres Letras STL, propongamos que se adopte, para la ciencia de la computación, la sigla IMF -Iniciativa de los Métodos Formales-, y, para estar del lado seguro, es mejor seguir los brillantes ejemplos de nuestros líderes y hacer de ella una Marca Registrada. En el largo plazo se espera que la ciencia de la computación trascienda a sus disciplinas padres, matemática y lógica, de forma efectiva y realizando una parte significativa del sueño de Leibniz: proveer un cálculo simbólico como una alternativa al razonamiento humano. Nótese la diferencia entre “imitar” y “proveer” una alternativa.

De más está decir que esta visión acerca de lo qué trata la ciencia de la computación no es universalmente aplaudida. Por el contrario, encuentra oposición -a veces hasta violenta- desde todo tipo de direcciones. Mencionemos como ejemplos:

1. La comunidad matemática, que quisiera continuar creyendo que el Sueño de Leibniz es una ilusión irreal
2. La comunidad empresarial, quienes, habiéndoseles vendido la idea de que los computadores harían la vida más simple,

no están mentalmente preparados para aceptar que sólo resolvieron los problemas más simples a precio de crear uno mucho más difícil

3. La subcultura del programador compulsivo, cuya ética prescribe que una idea tonta y un mes de codificación frenética, deberían bastar para hacerlo millonario de por vida
4. Los ingenieros en computación, quienes quisieran continuar actuando como si fuera solamente cuestión de mayor flujo de bits o más *flops* por segundo
5. Los militares, quienes están hoy totalmente absorbidos por el negocio de usar computadores para transformar partidas de miles de millones de dólares en la ilusión de seguridad automática
6. Todo tipo de ciencias para las cuales la computación ahora actúa de alguna especie de refugio interdisciplinario
7. El negocio educativo que siente que, si tiene que enseñar matemática formal a los estudiantes de Ciencias de la Computación, también deberían cerrar sus facultades.

Con este último ejemplo se alcanza, imperceptiblemente pero también inevitablemente, la parte más engorrosa de esta charla: consecuencias educativas. El problema con la política educativa es que es difícilmente influenciada por consideraciones científicas derivadas de los tópicos dictados, y casi completamente determinada por circunstancias ajenas a la ciencia, como las expectativas conjugadas de los estudiantes, sus padres y sus futuros empleadores, y el enfoque prevaleciente del rol de la universidad. ¿El acento está en formar sus graduados para los trabajos de nivel inicial de hoy o en proveer a sus alumnos con el bagaje intelectual y las actitudes que perduraran por otros 50 años? ¿Se le da rencorosamente a las ciencias abstractas solo un rincón lejano en el campus, o se reconocen como el motor indispensable de la industria de alta tecnología? Aún si se hace lo último, ¿se reconoce una industria de alta tecnología como tal si su tecnología pertenece principalmente a las matemáticas formales? ¿Proveen las universidades a la sociedad el liderazgo intelectual que necesita o sólo el entrenamiento que demanda?

La retórica académica tradicional está perfectamente dispuesta a dar a estas cuestiones las respuestas tranquilizadoras, pero es difícil creerlas. A modo de ilustración, en un artículo de David Flaherty (Flaherty, 1988), groseramente se establece que “Además, la élite de los negocios descarta a los académicos e intelectuales como ampliamente irrelevantes e impotentes”. Así, si se mira en una borrosa bola de cristal hacia el futuro de la educación en ciencias de la computación, sobrecogedoramente se ve la deprimente imagen del “negocio acostumbrado”. A las universidades les seguirá faltando el coraje de enseñar ciencia dura, continuarán orientando mal a los estudiantes, y cada nuevo escalón de infantilización del currículum será exaltado como progreso educativo.

Este ejercicio de observar en la borrosa bola de cristal, ofrece predicciones invariablemente melancólicas y usualmente correctas, a las que es necesario acostumbrarse, y que no sean impedimentos para hacer sugerencias, aunque sea meramente un ejercicio vano cuyo único efecto es hacerlos sentir culpables. Por ejemplo, se puede comenzar por limpiar el lenguaje con que se expresan los términos computacionales: denominar a un *bug* como error y no como *bug -bicho, fastidio, sabandija* (Nota del traductor). Es mucho más honesto porque pone manifiestamente la culpa donde corresponde, es decir, en el programador que cometió el error. La metáfora animada del *bug* que se introdujo maliciosamente mientras el programador no estaba mirando es intelectualmente deshonesto, ya que disfraza el hecho de que el error es propia creación del programador. Lo agradable de este simple cambio de vocabulario es que tiene un profundo efecto: antes, un programa con sólo un error solía ser “casi correcto”, después de ello un programa con un error es simplemente “erróneo” -porque tiene un error.

Otra sugerencia lingüística, un poco más rigurosa, es confrontar el síndrome de “si-este-tipo-quiere-hablarle-a-ese-tipo”: nunca se refieran a partes de programas o piezas de equipo en una terminología antropomórfica, ni permitan hacerlo a sus estudiantes. Esta mejora lingüística es mucho más difícil de implementar de lo que podrían pensar: si se considerara la introducción de multas para

las violaciones, digamos veinticinco centavos para estudiantes de grado, cincuenta centavos para estudiantes de postgrado y cinco dólares para miembros de la facultad, para final del primer semestre del nuevo régimen, se habrá recolectado suficiente dinero para dos becas.

La razón para esta última sugerencia es que la metáfora antropomórfica -por cuya introducción se puede culpar al mismo John von Neumann- es una enorme desventaja para cada comunidad informática que la adoptó. Se encuentran programas que quieren cosas, saben cosas, esperan cosas, creen cosas, etc., y cada vez eso genera confusiones evitables. La analogía que subyace a esta personificación es tan superficial que no es solamente engañosa sino también paralizante. Es engañosa en el sentido que sugiere que se puede lidiar con el desconocido discreto en términos del familiar continuo, es decir, nosotros mismos, *quod non*. Es paralizante en el sentido que, debido a que las personas existen y actúan en el tiempo, su adopción efectivamente impide un despegue de la semántica operacional y lleva a las personas a pensar sobre los programas en términos de comportamientos computacionales, basados en un modelo computacional subyacente. Esto es malo, porque el razonamiento operacional es un tremendo desperdicio de esfuerzo mental.

Vamos a explicar la naturaleza de ese tremendo desperdicio y que la frase “tremendo desperdicio de esfuerzo mental” no es una exageración. Es necesario asumir un lenguaje altamente técnico: es el tipo de matemáticas que se puede hacer con las manos en los bolsillos. El punto a comunicar es que si se tiene que demostrar algo respecto de todos los elementos de un conjunto grande, es desesperanzadamente ineficiente tratar con todos los elementos del conjunto individualmente: el argumento eficiente no se refiere a elementos individuales en lo absoluto y se lleva a cabo en términos de la definición del conjunto. Consideremos la figura plana *Q*, definida como el cuadrado de 8 por 8 del cual, en dos esquinas opuestas, se quitan dos cuadrados de 1 por 1. El área de *Q* es 62, que equivale al área combinada de 31 cuadros de 1 por 2. El teorema es que la figura *Q* no puede ser cubierta por 31 de estos cuadros. Otra manera de exponer el teorema es que si se

utiliza papel cuadriculado y se cubre éste ubicando cada siguiente cuadro en dos nuevos recuadros adyacentes, ninguna distribución de 31 cuadros dará como resultado la figura Q. Así, una posible manera de probar el teorema es generar todas las posibles distribuciones de cuadros y verificar para cada distribución que no da como resultado la figura Q.

El argumento simple, sin embargo, es como sigue: pintar los recuadros del papel cuadriculado como un tablero de ajedrez. Cada cuadro, cubriendo dos recuadros adyacentes, cubre 1 recuadro blanco y 1 negro y, por consiguiente, cada distribución cubre tantos recuadros blancos como recuadros negros. En la figura Q, sin embargo, el número de recuadros blancos y el número de recuadros negros difiere en 2 - esquinas opuestas sobre la misma diagonal- y por consiguiente ninguna disposición de cuadros da como resultado la figura Q.

No sólo es el simple argumento anterior muchas órdenes de magnitud más corto que la investigación exhaustiva de las posibles distribuciones de 31 cuadros, es también esencialmente más poderoso, dado que cubre la generalización de Q reemplazando el cuadrado original de 8 por 8 por cualquier rectángulo con lados de longitud par. Siendo infinito el número de tales rectángulos, el método previo de exploración exhaustiva es esencialmente inadecuado para probar nuestro teorema generalizado. Y esto concluye el ejemplo. Se presentó porque ilustra fácilmente el poder de las matemáticas terrenales; no hace falta decirlo, la negación de explotar este poder de las matemáticas terrenales escala al suicidio intelectual y tecnológico. La moraleja de la historia es: tratar con todos los elementos de un conjunto ignorándolos y trabajando con la definición del conjunto.

Volvamos a la programación. La aseveración de que un programa dado cumple una cierta especificación, escala a una aseveración sobre todos los cálculos computacionales que podrían ocurrir bajo el control de ese programa dado. Y dado que este conjunto de cálculos está definido por el programa dado, la anterior moraleja dice: trate con todos los cálculos posibles bajo control de un programa dado ignorándolas y trabajando con el programa. Debemos aprender a trabajar con

el texto de los programas mientras - temporalmente- se ignora que admiten la interpretación de código ejecutable.

Otra manera de decir la misma cosa: un lenguaje de programación, con su sintaxis formal y las reglas de demostración que definen su semántica, es un sistema formal para el cual la ejecución del programa provee solamente un modelo. Es bien conocido que los sistemas formales deberían ser tratados por derecho propio, y no en términos de un modelo específico. Nuevamente, el corolario es que se debe razonar sobre los programas sin siquiera mencionar su posible "comportamiento". Hasta aquí esta excursión técnica en el motivo por el cual el razonamiento operacional sobre la programación es "un tremendo desperdicio de esfuerzo mental" y por qué, en consecuencia, en la ciencia de la computación debería prohibirse la metáfora antropomórfica.

Un programa no es más que la mitad de una conjetura, la otra mitad es la especificación funcional que se supone que satisface el programa. La tarea del programador es presentar las conjeturas completas como teoremas demostrados.

Consideremos la siguiente forma de hacer justicia a las novedades radicales de la computación en un curso introductorio a la programación: por un lado, se enseña algo que se parece al cálculo de predicados, pero se hace de manera muy distinta a los filósofos. A fin de entrenar al programador novato en la manipulación de fórmulas sin interpretar, se enseña más como álgebra booleana, familiarizando al estudiante con todas las propiedades algebraicas de los conectivos lógicos. Para romper aún más los vínculos con la intuición, se renombran los valores {verdadero, falso} del dominio booleano como {negro, blanco}. Por otro lado, se enseña un lenguaje de programación imperativo simple y claro, con un *skip* y una asignación múltiple como sentencias básicas, con una estructura de bloque para variables locales, el punto y coma como operador para composición de sentencias, una bonita construcción alternativa, una bonita repetición y, si se quiere, una llamada a procedimiento. A esto se agrega un mínimo de tipos de datos, digamos booleanos, enteros, caracteres y cadenas. Lo esencial es

que, para lo que sea que se introduzca, la semántica correspondiente está definida por las reglas de demostración que la acompañan. Desde el comienzo, y a través de todo el curso, se enfatiza en que la tarea del programador no es sólo escribir un programa, sino que su tarea principal es dar una prueba formal de que el programa que propone cumple la especificación funcional - igualmente formal. Mientras se diseñan demostraciones y programas conjuntamente, el estudiante adquiere una amplia oportunidad de perfeccionar su destreza manipulativa con el cálculo de predicados. Finalmente, para hacer llegar el mensaje de que este curso introductorio a la programación es principalmente un curso en matemáticas formales, nos encargamos de que el lenguaje de programación en cuestión no haya sido implementado en el campus de manera que los estudiantes estén protegidos de la tentación de probar sus programas.

Esta es una propuesta seria, y sumamente sensible. Su única desventaja es que es demasiado radical para muchos, quienes, siendo incapaces de aceptarla, se ven forzados a inventar alguna justificación rápida para desestimarla, no importa lo inválida sea. Veamos unas pocas de esas justificaciones.

No necesitan tomar esta propuesta seriamente porque es tan ridícula que está obviamente desconectada del mundo real. Pero esa cometa no va a volar, ya que el mundo real es otra cosa: los problemas del mundo real son principalmente aquellos con los que ustedes se quedan después de negarse a aplicar sus efectivas soluciones. Así que, probemos de nuevo. No necesitan tomar seriamente esta propuesta porque es sumamente surrealista intentar enseñar tal material a alumnos de primer año. ¿No sería esa una salida fácil? Acaban de postular que esto sería por lejos muy difícil. Pero esa cometa tampoco va a volar, dado que el postulado se demostró falso hace tiempo:

#### FUENTES

1. E. W. Dijkstra. (1989). On the cruelty of really teaching computing science. Communications of the ACM, Vol. 32, No. 12, pp. 1398-1404.
2. Flaherty, D. H. (1988). Who Rules Canada? In Stephen Richards Graubard's "In search of Canada", pp. 99-128.
3. Wikipedia.org

desde principios de los 80, se dio este curso introductorio a la programación a cientos de estudiantes de primer curso de grado cada año -ya que decir esto no es suficiente, la sentencia previa debería repetirse por lo menos otras dos veces. Así que, intentemos de nuevo. Admitiendo renuentemente que podría quizás enseñarse a estudiantes suficientemente dóciles, todavía rechazan esta propuesta porque tal curso se desviaría tanto de lo que los estudiantes de 18 años están habituados y esperan, que enseñarles esto es un acto de irresponsabilidad educativa: sólo frustraría a los estudiantes. No hace falta decirlo, esa cometa tampoco va a volar. Es cierto que el estudiante que nunca ha manipulado fórmulas sin interpretar se da rápidamente cuenta que se confronta con algo totalmente distinto a cualquier cosa que haya visto antes. Pero afortunadamente, las reglas de manipulación son en este caso tan pocas y simples que muy poco después hace el excitante descubrimiento de que comienza a dominar el uso de una herramienta que, en toda su simplicidad, le da un poder que sobrepasa sus sueños más audaces.

Enseñar a jóvenes desprevenidos el uso efectivo de los métodos formales es uno de los placeres de la vida, porque es extremadamente gratificante. En pocos meses, encuentran su camino en un mundo nuevo con justificado grado de confianza, que es radicalmente novedoso para ellos; en pocos meses, su concepto de cultura intelectual adquiere una dimensión radicalmente novedosa, ¿no es esto de lo de lo que se trata la educación. Las universidades no deberían temerle a enseñar novedades radicales; por el contrario, es su llamado dar la bienvenida a la oportunidad de hacerlo. Su disposición a hacerlo es nuestra principal salvaguarda contra las dictaduras, sean del proletariado, del *establishment* académico, o de la élite corporativa.



# JÓVENES INVESTIGADORES

Las directrices de la investigación establecen que entre las características de dicha actividad debe contarse la contribución que hace al proceso formativo de los estudiantes, y que aquellos que participan en las actividades y proyectos de los grupos de investigación, deben tener la oportunidad de enriquecer su formación académica y profesional. No solo participando en los procesos de creación de conocimiento, ya valiosa en sí misma, sino que el ejecutar esos proyectos de investigación debe aportarles un aprendizaje del lado del conocimiento de frontera de la disciplina, además, entrenamiento en la metodología de trabajo sistémico con el objetivo de conseguir resultados concretos en tiempos determinados.

Para responder a esta propuesta, la revista les brinda la oportunidad para que publiquen sus trabajos, para que difundan sus experiencias y conocimientos adquiridos en sus procesos formativos. En esta sección de revista publicaremos cada semestre los trabajos más destacados de los jóvenes que se “atreven” a escribir sus procesos de investigación o de producción intelectual. La contribución de esta iniciativa al proceso formativo de los estudiantes podrá derivar en la aparición, en algunos de ellos, de vocaciones y aptitudes para continuar los procesos que sus predecesores investigadores están desarrollando.

Pueden hacerse llegar trabajos producto de proyectos de investigación, de semilleros de investigación o que sean el reflejo de pensamientos o reflexiones acerca de alguna de las temáticas de las que trata esta publicación.

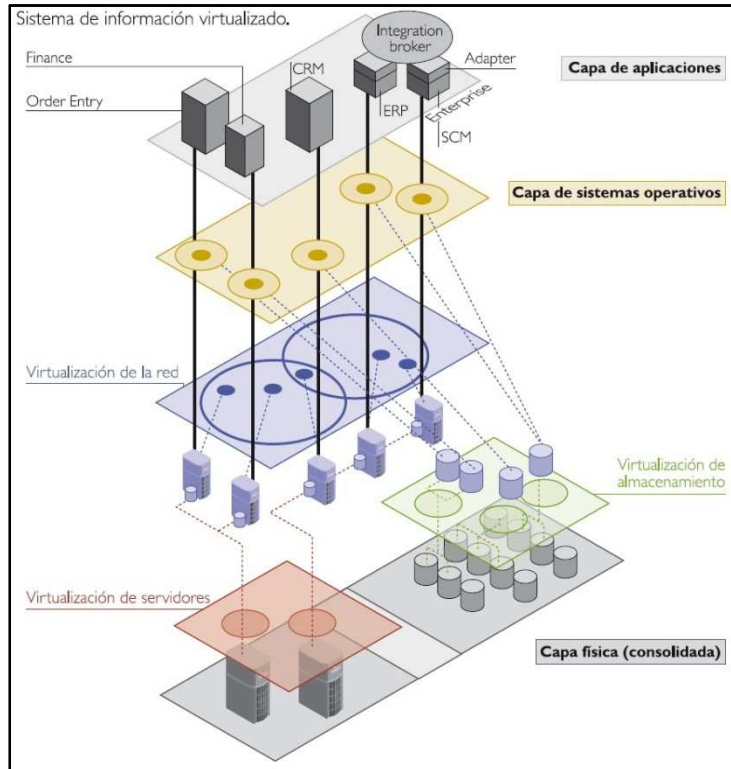
## LA VIRTUALIZACIÓN Y SU IMPACTO EN LAS CIENCIAS COMPUTACIONALES

**Luisa Fernanda Ulloa Z.**

Estudiante de Ingeniería de Sistemas. Universidad del Valle, Colombia.

[luisaferu@gmail.com](mailto:luisaferu@gmail.com)

(Recibido el 15 de enero de 2009. Aprobado el 30 de abril de 2009)



Sistema de información virtualizado (Universia Business Review)

### INTRODUCCIÓN

La virtualización es un concepto que se viene desarrollando desde hace varios años, pero que al parecer ya encontró el camino productivo para el que se concibió originalmente, y se aleja de la mera praxis. La virtualización, en pocas palabras, consiste en instalar sistemas operativos de forma virtual con base a un otro llamado "anfitrión" o Host. De tal forma que se puedan cargar diversos sistemas, incluso diferentes, de forma aislada y para aprovechar al máximo el hardware del equipo y el disponible en el Host -conexión de Red, puertos USB, unidades de almacenamiento- y capacidad de los procesadores. El límite de proceso y se encuentra en la capacidad del hardware del Host, por lo que sus nuevos avances hacen que la virtualización pueda extender su uso, quizás necesitando personal más capacitado, pero al alcance de muchos a través de la Internet o de Intranet.

En este artículo se explica cómo funciona la virtualización, su importancia y relación con

los desarrollos de software y hardware: el secreto está en el desarrollo de los sistemas multinúcleo y el aislamiento de procesos que realiza el hardware.

### VIRTUALIZACIÓN

"La virtualización es una de las tecnologías más revolucionarias de la década y nuestra tecnología, combinada con los esfuerzos conjuntos de la industria, ayudarán a llevar esta revolución al mercado masivo de PCs". Robert B. Crooke -Intel.



Host virtualizado. (GNU/GPL)

Los usuarios requieren cada vez que el tiempo de respuesta del computador sea lo más pequeño posible, aunque a la productividad no le den mucha importancia; los administradores de sistemas requieren que la productividad de las máquinas sea lo más alta posible, aunque el tiempo de respuesta no lo sea. Estadísticamente está demostrado que sólo se aprovecha la mitad de la capacidad de proceso de los servidores, y que el tiempo restante la máquina no produce nada. Es en este contexto en el que surge el concepto de virtualización, en un afán por disminuir el tiempo muerto en los computadores.

La idea principal de la virtualización es que se pueda instalar un sistema operativo "virtual" sobre otro sistema base. Es decir, que es posible tener un sistema anfitrión -p. e. Linux- y sobre él, hacer que funcione otro u otros sistemas operativos -p. e. Windows u otro Linux; cada nuevo sistema que se instala encima del anfitrión es una nueva máquina virtual, que tendrá acceso a todos los recursos hardware del servidor como un sistema operativo único, y que si falla, no afectará a ninguno de los otros sistemas instalados.

### **Ventajas de la virtualización**

Además de la ya mencionada ventaja de poder tener varios sistemas operativos aislados y compartiendo el hardware para darle el mayor uso posible, también es posible crear una red de computadores, de tal manera que se simulan distintas máquinas virtuales y se conectan entre ellas como una red real, a las que se puede acceder como si se tratara de máquinas físicas se trataran. Además, es posible particionar el disco duro y utilizarlo como si se tratase de discos duros independientes y aislados; dispositivos, aplicaciones y usuarios pueden interactuar en las máquinas como si fueran recursos únicos para cada uno de ellos. Es posible virtualizar: el almacenamiento de datos, un servidor de correo o de aplicaciones, un sistema operativo o aplicación ofimática, o lo ya mencionado de una red.

Otra ventaja importante de la virtualización es que permite reducir costes y riesgos, al mismo tiempo que permite aumentar calidad y agilidad de la infraestructura informática; los usuarios ejecutan múltiples sistemas al

mismo tiempo en sólo un servidor físico, pero con la independencia suficiente como para simular una máquina para cada uno de ellos; incrementa la eficiencia del hardware, al tiempo que ofrece soluciones para aislar y administrar los recursos.

Otras ventajas son:

- Consolidar servidores
- Aumentar la disponibilidad, reducir tiempos de parada
- Reducir costos de administración
- Mejorar las políticas de *backup*, recuperación ágil desde los puntos de control de la máquina virtual
- Aprovechar óptimamente los recursos disponibles
- Continuidad de negocio y recuperación ante desastres
- Escalabilidad al crecer con contención de costos
- Mantenimiento y prueba de aplicaciones, sin necesidad de adaptar nuevas versiones de sistema operativo
- Eficiencia energética.

### **Tecnologías de virtualización**

Es posible distinguir entre dos grandes tecnologías de virtualización: la virtualización hardware y la virtualización software -que utiliza la virtualización hardware. La virtualización en hardware se integra en los microprocesadores, y es un conjunto de instrucciones máquinas que facilitan y mejoran sus posibilidades; a esta instrucciones se suman progresos como los dos, cuatro, u ocho núcleos, en los que es posible dedicar cada procesador a una máquina virtual diferente y aislar la ejecución del sistema operativo virtual, para que hagan uso intensivo de cada MPU. Desde hace más de 30 años que IBM trabaja con la tecnología de virtualización en sus equipos servidores, pero actualmente llega también con los equipos de escritorio y es cuando se difunde masivamente.

La virtualización por software se refiere a la instalación del software sobre un sistema operativo que permita virtualizar parte o todo el paquete. Para realizar este proceso existen procesos como la emulación, virtualización parcial o completa, virtualización de aplicaciones, paravirtualización o virtualización de servidores; es decir que es posible emular

todo el computador -incluyendo procesador, RAM, unidades, puertos-, o alguna de las partes básicas del sistema.

Estas tecnologías llegaron para solucionar adecuadamente los problemas que generaron la organización en almacenes de los sistemas de información; es decir, para poder compartir recursos pero sin crear dependencias entre ellos y para poder definir políticas que indiquen cómo repartir el recurso compartido; lo que permite flexibilizar y dinamizar cualquier sistema de información, a la vez que maximizar la utilización de los recursos.

La virtualización crea una nueva plataforma informática conformada por los recursos virtuales que comunica las aplicaciones del negocio y las plataformas informáticas físicas originales. Las aplicaciones de negocio no se ejecutan sobre servidores físicos directamente, lo hacen sobre servidores virtuales, y no interactúan directamente sobre los dispositivos de almacenamiento físicos sino con los virtuales, que, con los servidores virtuales, se interconectan en redes virtuales y no en la red de comunicaciones física.

## MODELOS PARA VIRTUALIZAR

Tipo 2



Ejemplos típicos de este modelo son Java Virtual Machine -JVM- y Common Language Runtime -CLR- para .NET Framework. Para ambos se inicia con un sistema operativo Host, sobre el que se corre un Virtual Machine Monitor -VMM-, que permite crear y manejar máquinas virtuales, para asignarles recursos y mantenerlas separadas unas de las otras; sobre el VMM se instalan las VM -guests-, en este caso Java o aplicaciones .NET. Estos guests acceden al hardware a través del VMM y el sistema operativo Host, lo que hace que el rendimiento de la máquina no sea el mejor en este modelo.

Hibrido



Ejemplos de este modelo son Virtual PC 2007 y Virtual Server 2005 R2. Es un modelo más común, en el que tanto el sistema operativo Host como el VMM se ejecutan directamente en el hardware -con distintos niveles de acceso a los diversos componentes hardware-, y el sistema operativo invitado se ejecuta sobre la capa virtualizada. Esto genera que el VMM aún debe de pasar a través del sistema Host para llegar al hardware, y dado que tanto este como el VMM se ejecutan en modo *Kernel*, se genera una disputa por el consumo de MPU; aún así este modelo es mucho más rápido dado que se ejecutan en modo *Kernel*, a diferencia del Tipo 2 que se ejecuta en *modo Usuario*.

Tipo 1



También conocido como *Hypervisor*, es una capa de software que se ubica justo arriba del hardware pero abajo de los sistemas operativos, y tiene como propósito proveer ambientes de ejecución separados entre sí, llamados *particiones*, en las que las máquinas virtuales con sistema operativo invitado pueden correr. A cada partición se le asignan recursos hardware y el *hypervisor* se encarga de controlar y arbitrar su acceso al hardware físico. Debido a esto, la virtualización basada en *hypervisor* ofrece el mayor rendimiento; como ejemplo se tiene a Windows Server 2008.

## CONCLUSIONES

- La virtualización es una “técnica” cuya aplicación posibilita ejecutar una o más máquinas virtuales sobre una única máquina física, y en la que a cada máquina virtual se puede asignar independientemente una serie de



recursos hardware: procesador, memoria, unidades de almacenamiento, dispositivos E/S; cada una ejecuta una copia propia del sistema operativo -Linux, Solaris, BSD, Windows.

- El software de virtualización se encarga de planificar la ejecución de cada máquina virtual y de gestionar el acceso compartido a los recursos hardware disponibles; cada máquina virtual tiene todo su entorno encapsulado en un único directorio o volumen de disco en una red de almacenamiento.
- En pocas ocasiones el incremento de la sofisticación de un sistema de información hace necesaria la adquisición

de tecnología como ahora, y en muy pocas veces es claro qué tecnología utilizar para lograr ese propósito. La virtualización reduce el costo total de gestión de cualquier plataforma tecnológica, además dinamiza y flexibiliza los sistemas de información empresariales, lo que es indispensable para implementar las nuevas estrategias de negocio y poder sostener su crecimiento.

Por todas estas razones la cuestión no es decidir acerca de si virtualizar o no virtualizar; el problema es decidir cuándo y por dónde empezar.

Ω