

**“La Investigación Científica en Ingeniería Civil”**  
**Eulalio Juárez-Badillo**

Posgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería, UNAM.

Eje temático: Líneas y proyectos generales de investigación

Area: Ciencias Físico-Matemáticas e Ingeniería.

La investigación del hombre por comprender el universo en el que estamos inmersos puede dividirse, leía yo, en 3 grandes grupos: la técnica, la ciencia y la filosofía. La técnica contesta a la pregunta de cómo suceden los fenómenos, la ciencia el porqué suceden los fenómenos y la filosofía estudia el para qué se presentan en nuestro universo. No cabe duda que técnicamente hemos avanzado mucho, sobre todo en el siglo pasado; hemos llegado hasta la luna. Sin embargo, en ciencia y filosofía estamos en cero. Todos sabemos cómo nacimos, pero ¿porqué nacimos? y ¿para qué nacimos? Ya Einstein afirmaba “Nuestra ciencia comparada con la realidad es primitiva e infantil, sin embargo, es lo más precioso que tenemos” Asimismo afirmaba “La imaginación es más importante que los conocimientos.”

¿Qué es la realidad?, ¿Qué somos nosotros?

Algunos párrafos de publicaciones que me ayudan a describir lo que intento decir son: Un párrafo de un libro de Erich Fromm dice:

“Si es es verdad que la capacidad de intrigarnos es el punto de partida de la sabiduría, esa verdad constituye una triste apreciación de la sabiduría del hombre moderno. Sean los que fueren los méritos de nuestro alto grado de educación literaria y universal, hemos perdido el don de asombrarnos. Todo lo sabemos; y lo que no sabemos nosotros mismos, lo saben los especialistas, cuya misión es la de saber lo que nosotros ignoramos. Más aún, revelar asombro es embarazoso, es un signo de inferioridad intelectual. Hasta los niños rara vez se sorprenden, o al menos tratan de no demostrarlo; y a medida que vamos creciendo vamos perdiendo gradualmente la capacidad de sorprendernos. Lo único que importa es saber contestar, saber preguntar, en comparación, es una ciencia insignificante.”

Richard Bach nos afirma “Imaginad un Universo bello, justo y perfecto” Convinceos luego de esto “Lo que es, ha sido imaginado bastante mejor que por vosotros”.

Algunas afirmaciones que considero importantes son:

“Nuestra realidad no es la realidad, sino la que nosotros hemos decidido que sea” (Anthony de Mello).

“El pensamiento no es inteligente” (Krishnamurti).

“Nuestro cerebro funciona como una computadora, estamos programados” (Krishnamurti).

Krishnamurti afirma que 3 filtros principales nos impiden captar la realidad: nuestros apegos, nuestras creencias y nuestros miedos. Que debemos liberarnos de nuestra propia programación.

Ruiz Soto, sin embargo, afirma “Siempre será más fácil liberar a un pueblo de un tirano que a un hombre de sí mismo”.

Haced conciencia, daros cuenta y sentid la gran resistencia, prácticamente insalvable, que presenta nuestra mente para, al menos, ser conscientes de que estamos programados. Enseguida nuestra mente responde ¡Yo no estoy programado! ¿Se dan cuenta? Yo, en lo personal, hasta fines de 1968 (con 42 años de edad) fui totalmente conciente de mi propia programación.

El estado actual del conocimiento científico en física, cosmología y medicina puede resumirse con las citas siguientes:

“Los conceptos de la física tal como los conocemos hoy en día cambiarán completamente en cuanto la historia se divulgue” (Eduardo Witten, Scientific American, Enero 1996).

“Observaciones nuevas han pulverizado la vieja visión de nuestro universo” (Carátula Scientific American, Enero 1999).

“Cómo los agujeros negros pueden generar estrellas” (Carátula Scientific American, Julio 2003) y la revista presenta interiormente una imagen astronómica obtenida de la pareja galáctica singular de un agujero negro (que consume galaxias) junto a un agujero blanco (que genera galaxias).

“El mito del comienzo del tiempo” (Scientific American, Mayo 2004).

En medicina, en el libro “Cuerpo sin edad, Mente sin tiempo” por Deepak Chopra (Harmony Book/NewYork) se enumeran 10 hipótesis tradicionales que forman la base de nuestra visión del mundo y se substituyen por 10 nuevas hipótesis. Dos de dichas hipótesis tradicionales son:

1. Existe un mundo objetivo independiente del observador, y nuestros cuerpos son un aspecto de este mundo objetivo.
2. Nuestra percepción del mundo es automática y nos da un cuadro exacto de cómo las cosas realmente son.

Estas hipótesis tradicionales son substituidas por las dos siguientes:

1. El mundo físico, incluyendo nuestros cuerpos, es una respuesta del observador. Nosotros creamos nuestros cuerpos como creamos la experiencia de nuestro mundo.
2. La percepción parece ser automática, pero de hecho es un fenómeno aprendido. El mundo en que vives, incluyendo la experiencia de tu cuerpo, está completamente dictado por el modo de cómo haz aprendido a percibirlo. Si tú cambias tu percepción, cambias la experiencia de tu cuerpo y de tu mundo.

En ingeniería civil, parafraseando a Eduardo Witten, podría afirmar “Los conceptos de la ingeniería civil tal como los conocemos hoy en día cambiarán completamente en cuanto la historia se divulgue”.

En lo personal, firmemente tengo la convicción de que el universo está regido por leyes muy simples que poseen orden, armonía y belleza y que debemos introducir esa belleza en

nuestro conocimiento científico. Todas estas características están presentes en el “Principio de Proporcionalidad Natural” (originalmente llamado “Principio de la Belleza Científica”) que postulé en 1985 por invitación de los Japoneses en la sesión organizada por ellos “Leyes Constitutivas de los Suelos” en la XI Conferencia Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones, San Francisco, 1985.

El Principio de Proporcionalidad Natural predice que el universo no tiene principio ni fin. Que el principio, el cero, y el fin, el infinito, están juntos, y que el tiempo como el espacio son curvos (Pareja galáctica singular de Scientific American, Julio 2003). Que el universo es infinito pero cerrado.

El principio de proporcionalidad natural ya ha producido ecuaciones muy simples para las relaciones esfuerzo-deformación-tiempo-temperatura que son generales para todos los geomateriales: rocas, concreto, suelos gruesos y finos. Para las pruebas de laboratorio se tienen ecuaciones generales para el pre-pico y para el pos-pico en pruebas no drenadas y drenadas y ecuaciones generales para la presión de poro y para los cambios volumétricos. Asimismo, se tienen ecuaciones generales para la influencia del tiempo, para el creep como para la relajación de los geomateriales. Últimamente ha producido también ecuaciones muy simples para el comportamiento de pilas y pilotes sometidos a carga axial, carga lateral y extracción y para la evolución de hundimientos de obras ingenieriles como son las cimentaciones y los terraplenes.

A continuación presentaré resumida una observación experimental de una publicación que ilustra los defectos de nuestros conceptos tradicionales de la mecánica de suelos clásica.

Los Japoneses han construido el Kansai Internacional Airport sobre una isla artificial en el mar a 5 km. de Osaka. Calcularon por los métodos tradicionales un hundimiento de 11.60 m. y ya en la actualidad (2004), a 10 años de haberse inaugurado, se ha hundido 14 m. y sigue su hundimiento. El año pasado se hundió 14 cm. Ya ellos mismos han iniciado la construcción de la 2ª etapa, otra isla junto a la primera para un segundo aeropuerto, tomando en cuenta seguramente que en unos 30 años, digamos, el primer aeropuerto estará bajo el mar. Aplicando la ecuación general que proporciona el principio de proporcionalidad natural se obtiene un hundimiento de 19 m. a tiempo infinito y para el año pasado de 2003 la ecuación daba un hundimiento de 15 cm.

En la literatura geotécnica existen reportados muchos casos de terraplenes y accesos a puentes donde después de 15 ó 20 años el hundimiento continúa y las presiones de poro en el terreno de cimentación no se han disipado.

Finalmente me referiré al método que personalmente he seguido durante toda mi vida para llegar al estado actual en que me encuentro.

Para la investigación científica es muy importante la creatividad y la inspiración, pero:

¿Qué es la creatividad?, ¿Qué es la inspiración?

Para responder a estas preguntas no se me ocurre nada mejor que recurrir a una de las más célebres epístolas de la historia de la música, publicada en el folleto de la novena temporada de la Academia de Música del Palacio de Minería, A.C. y que transcribo a continuación:

“Chaikovski estaba en Florencia el 22 de febrero de 1878, descansando de una larga visita a la galería de los Uffizi, cuando su maestro, colega y amigo Nicolai Rubinstein (1835-1881) dirigió en Moscú el estreno mundial de su cuarta sinfonía. El

1º de marzo le llegó una carta de su protectora Nadia Filaretovna (1831-1894), en la que le reseñaba su estado de ánimo al escuchar la ejecución de la sinfonía y le preguntaba si había trabajado de acuerdo a un programa literario definido al componerla”.

“El autor contestó con una de las más célebres epístolas de la historia de la música, que nunca resulta superfluo transcribir cuando se trata de su magistral obra:”

“Me pregunta usted si esta sinfonía tiene un programa definido. Cuando se me hace esa pregunta suelo contestar que no. En realidad, es muy difícil contestar esa clase de preguntas ¿Cómo pueden expresarse las sensaciones indefinibles que se experimentan mientras se escribe una composición instrumental que no tiene un asunto definido? Es un proceso puramente lírico. Es una confesión musical del alma que se encuentra repleta y que, fiel a su naturaleza, se descarga por medio de sonidos, de la misma manera que un poeta se expresa por medio de la poesía. La diferencia radica en que la música tiene recursos de expresión mucho más ricos y es un medio mucho más sutil para traducir los mil momentos cambiantes de los estados de ánimo. La simiente de una futura composición aparece, generalmente, de manera repentina e inesperada. Si el terreno está preparado –esto es, si hay disposición para el trabajo- arraiga con fuerza y rapidez asombrosas, surge a la superficie, echa ramas, hojas, y, finalmente, flores. Solamente por medio de esta metáfora puedo describir el proceso creador.

El gran problema es que la semilla aparezca en un momento favorable; el resto viene por sí mismo. Trataría en vano de expresar con palabras la sensación inmensa de felicidad que me invade cuando una idea nueva brota dentro de mí y comienza a tomar forma definida. Entonces me olvido de todo y me conduzco como un demente.

Todo lo que hay dentro de mí comienza a latir y estremecerse; apenas tengo tiempo de comenzar el borrador antes de que los pensamientos empiecen a atropellarse unos a otros. En medio de este proceso mágico sucede, a menudo, que una interrupción desde afuera viene a despertarme de mi estado de sonambulismo: alguien que toca el timbre, un criado que entra o un reloj que da la hora recordándome que ya es tiempo de que detenga mi trabajo. Esta clase de interrupción es verdaderamente horrible. Algunas veces rompe la inspiración por largo tiempo y tengo que volver a buscarla, frecuentemente en vano. En tales casos hay que movilizar la fría razón y los conocimientos técnicos para que nos presten ayuda. Aún en los grandes maestros se hallan con frecuencia momentos en que la conjunción orgánica se quiebra y hay que practicar una hábil soldadura para que las partes parezcan constituir una sola. Pero eso no se puede evitar. Si el estado anímico que denominamos inspiración se prolongase sin interrupción durante mucho tiempo, no habría artista que lo resistiese. Las cuerdas se saltarían y el instrumento se quebraría en fragmentos. Ya es algo bueno que las ideas centrales y la forma general de la composición se presenten sin necesidad de una actividad mental intensa, como resultado de esa fuerza sobrenatural e inexplicable que llamamos inspiración.”

Si en la bella epístola anterior tomamos en cuenta que en el campo de la música el artista usa los sonidos para sus composiciones y que en el campo de la ciencia el intelectual usa las ecuaciones matemáticas para sus trabajos de investigación, y cambiamos las palabras correspondientes a la música por las palabras correspondientes a la ciencia, encuentro que esta epístola es perfectamente aplicable al trabajo de la investigación creadora. Ello es mi propia experiencia.

Me gusta la definición de ciencia dada por Max Plank, padre de la mecánica cuántica:

“Ciencia es ..... una actividad sin reposo, un desarrollo en continuo progreso hacia un objetivo que la intuición poética puede captar pero que el intelecto nunca entenderá por completo.”

Por último les recomiendo la Referencia de Illescas Nadina (2005) sobre el nacimiento de las matemáticas y de la Facultad de Ciencias en nuestra querida UNAM descrita por Alberto Barajas.

#### Referencias:

Illescas, Nadina (2005). El milagro de las matemáticas: entrevista a Alberto Barajas. Revista de la Universidad de México, N° 11: 103-108.

Juárez Badillo, Eulalio (1998). Opinión sobre Proyecto de Plan de Desarrollo 1997-2000. Gaceta UNAM, Suplemento especial, 12 de marzo de 1998.

Juárez Badillo, Eulalio (2000). El desarrollo de la ciencia de la ingeniería civil en el siglo XXI. Revista Ingeniería Civil del Colegio de Ingenieros Civiles de México. Abril 2000, págs. 24-33 y Mayo 2000 págs. 18-21.

Juárez Badillo, Eulalio (2004). Prefacio del libro Mecánica de Suelos No Saturados. Editado por José Alfredo Zepeda Garrido. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A.C., Universidad Autónoma de Querétaro.