

EL APRENDIZAJE ACTUAL DEL ÁLGEBRA LINEAL Y DE LAS ECUACIONES DIFERENCIALES: UN DILEMA DE EXISTENCIA Y UNICIDAD

Hugo Germán Serrano Miranda
Facultad de Ingeniería, UNAM
hgzappa@yahoo.com.mx

*Y sucedió:
el perro se hizo amigo del gato,
los políticos no mentían y ... hasta los pobres comían,
ya nadie tenía pretexto, ya todos habían aprendido,
la vida era una cuestión de combinar los sonidos.*

Pablo...el enterrador

Nota precautoria

El título del presente trabajo hace referencia a un teorema de existencia y unicidad asociado a la disciplina matemática álgebra lineal, *no tiene que ver en absoluto* con el establecimiento de teoremas de existencia y unicidad de ecuaciones diferenciales que introdujo Cauchy, con el objeto de garantizar que la formulación matemática de ciertos problemas físicos tuvieran efectivamente una solución y que se pudiera, en consecuencia, buscar dicha solución con la plena seguridad de que existe. En este sentido, cualquier aspecto de lo que aquí se exponga y que tenga que ver con el aludido teorema será una desafortunada casualidad, producto de una traviesa ironía del albur matemático.

Alcances e intenciones

La asignatura de Álgebra Lineal se imparte en el segundo semestre curricular en la División de Ciencias Básicas (DCB) de la Facultad de Ingeniería, UNAM; los contenidos, el enfoque y la forma en que se desarrolla el programa de esta polémica asignatura, ha motivado serias discusiones tanto entre profesores como alumnos de otras divisiones académicas de esta misma Facultad. Estas discusiones se han suscitado en diversos espacios académicos, que van desde el salón de clase hasta los claustros y colegios académicos de profesores¹.

Dentro del inventario de opiniones y puntos de vista que se señalan en este polémico alegato, destacan las siguientes argumentaciones:

¹ Estas argumentaciones han sido rescatadas después de intercambiar puntos de vista con diversos actores académicos de nuestra Facultad, tanto en cursos curriculares con los alumnos como en diversos foros de discusión académica (juntas de profesores, Colegio del Personal Académico, cursos intersemestrales de superación académica, sala de chismes y café para profesores, Centro de Docencia, etc.).

1. La asignatura de Álgebra Lineal es una de las más importante dentro de las disciplinas matemáticas, se debe enseñar a todo alumno que estudia ingeniería, ya que no existe un campo de la ingeniería donde se aplique.
2. Constituye una disciplina matemática donde pueden transmitirse ideas de manera muy simple, tanto de matemáticas básicas y elementales como de las más complejas y abstractas; por lo que es necesario vincular esta herramienta en todas las disciplinas matemáticas que tengan que ver con la física y las ciencias de la ingeniería.
3. Es una disciplina que deberían conocer y dominar todos los profesores que imparten cursos en la DCB, a fin de que se den cuenta que es una asignatura que constituye la columna vertebral de cualquier campo de las matemáticas aplicadas.
4. El enfoque con el que se imparten los contenidos de esta asignatura, constituye una manera perversa de enseñanza para el alumno de ingeniería, ya que se reduce a un ejercicio intelectual abstracto sin vínculos con otras asignaturas ni aplicaciones que motiven su aprendizaje.
5. La asignatura es un suplicio, carente de sentido, innecesaria para el alumno porque lo único que aprende son recetas para resolver problemas que, en muchas ocasiones ni el profesor sabe para que sirven.
6. La forma en que se enseña álgebra lineal es tan absurda, que en caso de no impartirse a los alumnos, no impacta mucho en el posterior aprendizaje de las disciplinas que tengan que ver con ecuaciones diferenciales, cálculo de varias variables, cálculo vectorial y geometría analítica en el espacio y ... lo peor, con asignaturas que traten sobre aspectos relacionados con fenómenos de la naturaleza, el impacto es casi nulo, por ejemplo: Mecánica, Electromagnetismo, Señales y Sistemas, Ingeniería de Control, entre otras.

Estos seis argumentos resumen una gran cantidad de opiniones, son más que suficientes para motivar una profunda reflexión y análisis, sobre todo, en aquellos académicos involucrados con la enseñanza de las matemáticas y que en la actualidad, aun conservan su capacidad de asombro.

Con base en lo anterior, pretendo, promover la discusión y el análisis en este foro sobre, las dos siguientes cuestiones:

Uno: *el de la unicidad y la integración de la enseñanza del álgebra lineal con otras asignaturas, principalmente con las ecuaciones diferenciales.*

Con esto quiero decir que, si bien los primeros tres argumentos implican a todas luces las bondades de esta disciplina en el campo de la ingeniería, aún podríamos preguntarlos ¿será posible “mejorar y dignificar” su enseñanza dentro de un

contexto unificado e interdisciplinario?, con otras palabras : ¿es necesario integrar los contenidos de Álgebra Lineal con otras asignaturas de la DCB con el fin de mejorar su enseñanza y el aprendizaje en nuestros alumnos?, si la respuesta es afirmativa, ¿cuáles deberán ser las más indicadas? y ¿por qué?

Dos: *La de su existencia, es decir, preservar esta signatura dentro del plan de estudios de nuestra Facultad.*

En este punto se pretende discutir ¿cuál es la base en la que se sustentan los tres argumentos restantes desde una perspectiva de la enseñanza? y, en caso de que estos argumentos sean razonablemente ciertos, ¿qué tan pertinente y juiciosa sería la decisión práctica y honesta de desaparecerla del mapa curricular en cualquier rama de la ingeniería?.

El valor de las matemáticas para el campo de la ingeniería

Desde una perspectiva muy simple y práctica, las matemáticas se ocupan de los números, de las figuras geométricas, y las *generalizaciones o extensiones* de ideas relativas a números y figuras geométricas; esta disciplina *no trata explícitamente* de las fuerzas, ni de velocidades, ni de campos eléctricos; sin embargo, el valor fundamental de las matemáticas, *no reside tanto en lo que por si mismas ofrecen sino en la ayuda que prestan al ingeniero para realizar el estudio de la solución de problemas naturales y sociales.*

Ciertamente el estudio de los números y de las figuras geométricas es hasta cierto punto; conocimiento que interesa a la física, *la cantidad* es un importante hecho físico, igual que las *propiedades de las figuras geométricas*, pues éstas no son más que las formas de las *figuras materiales*, la geometría es, además el *estudio de las propiedades del espacio*², y desde este punto de vista, es legítimo y natural pensar que: *las matemáticas sirven para expresar leyes físicas, y los procesos de las matemáticas se aplican para extraer nueva información física de las leyes físicas básicas.*

Primera definición o si se quiere:

“primera cuestión acerca de porqué el álgebra lineal, debe ser una disciplina matemática digna de ser estimada, creída o valorada, sin que se le registren los bolsillos³”

El *álgebra lineal*, como una parte fundamental de las matemáticas, es una herramienta esencial para el ingeniero puesto que tiene una extensa gama de aplicaciones. Además es conveniente empezar a dominarla desde los inicios de la

² Si bien estrictamente hablando la creencia de que la geometría euclidiana expresa las leyes del espacio resulto ser imprecisa, las varias geometrías elaboradas por el hombre son cuando menos posibles y, en algunos casos, descripciones útiles del espacio físico.

³ Hago alusión al significado de axioma, que en griego significa “dignidad”, y se refiere a lo que es digno de ser estimado, creído o valorado.

carrera, pues esta disciplina ofrece un *lenguaje* conveniente para transmitir ideas complejas en forma simple, a saber:

- Es el *lenguaje* de los vectores los cuales poseen diversas formas⁴, a pesar de su diversidad, todos comparten ciertas propiedades comunes,
- es el *lenguaje* de las matrices, en correspondencia con los vectores,
- *en suma, el álgebra lineal es una forma de lenguaje y todo lenguaje da forma al pensamiento*

El discreto encanto de las matrices

La teoría de las matrices es un campo que bien puede ser llamado *la aritmética de las matemáticas superiores*, declaración algo apasionada, pero que puede justificarse por el hecho de que las matrices representan las transformaciones más importantes, las transformaciones lineales, y las transformaciones están en el mismo corazón de la matemática.

Los resultados y métodos de la moderna teoría de matrices, desde los puntos de vista de la motivación y de su aplicación inmediata, se ubican en tres categorías principales en donde está, prácticamente el universo de sus aplicaciones: *la teoría de matrices simétricas*, que invade todos los campos, *las matrices y las ecuaciones diferenciales*, que concierne principalmente a los ingenieros y físicos, y *las matrices positivas*, crucial en las áreas de la teoría de las probabilidades, economía matemática e ingeniería de control.

En este mismo contexto no debe omitirse que este tipo de matrices están involucradas en el estudio de la ingeniería civil, específicamente en la mecánica de materiales y del medio continuo, como son: el tensor (la matriz) de esfuerzos, y en otras áreas como es la dinámica estructural y el estudio de fenómenos sísmicos, los estudios de optimización en la ingeniería de sistemas, como lo es el estudio de la programación lineal y no lineal.

En el área de ingeniería eléctrica, basta decir que los fenómenos correspondientes a la teoría de redes, los disturbios de corto circuito en líneas de alta tensión, los fenómenos de estabilidad de motores y generadores entre otros, son prácticamente imposibles de ser planteados, analizados para darles solución, si no se abordan bajo la teoría del álgebra lineal.

⁴ Probablemente la primera noción que tenemos sobre un vector es la idea de una cantidad con una longitud y una orientación, esta idea también constituye una de sus formas.

Es de esperarse que un alumno que inicia un curso de Álgebra Lineal en la DCB no va enfrentar todo este universo de aplicaciones que se mencionaron en los dos párrafos anteriores, desde luego que apelando al alcance y profundidad de sus conocimientos matemáticos fundamentales –en el peor de los casos los que proporcionan los cursos *reguladores o propedéuticos*–, es posible vincular el estudio del Álgebra Lineal con algunas aplicaciones prácticas, sin miedos ni prejuicios, dentro del campo de la física y otras disciplinas como las sociales.

Los intentos de aplicaciones que puede plantear un alumno que inicia un curso de Álgebra lineal en la DCB, presentan un severo obstáculo, -el formato con el que está diseñado el curso vigente de Álgebra Lineal no lo permite⁵-, basta decir que el programa de la asignatura donde se desglosan los temas y subtemas, no aparece ni por equivocación, la palabra **aplicación** *dirigida explícitamente hacia algún tópico del campo de la ingeniería*, de aquí que una urgencia prioritaria consiste en revisar y analizar concienzudamente el programa de esta asignatura, a fin de que se incluyan aplicaciones prácticas en el contexto de la estática, la cinemática, la dinámica, el electromagnetismo y las ecuaciones diferenciales.

Este es el discurso del profe-purista⁶ matemático... desventurados los alumnos inscritos en sus grupos...

En cierta ocasión, un funcionario académico de larga y reconocida experiencia administrativa, me dio su opinión, con respecto a las aplicaciones del álgebra lineal, en la etapa de organización de un seminario interdisciplinario, donde esta disciplina constituía el eje principal de las pláticas:

...es que las aplicaciones, sin importar su existencia, las deben de ver en la asignatura correspondiente, con el profesor experto que les indique en dónde, por qué y para qué... deben entender que nosotros los profesores de esta asignatura, únicamente nos abocamos a brindarles el contexto teórico de esta asignatura, para que tengan las herramientas necesarias de la formalidad y el rigor en el lenguaje matemático...ejem ejem...en tiempo y forma. (¿ ... ?)

*¡Échense este trompo a la uña y al que le de jaqueca que se rasque!. Créanme mis queridos coparticipes de este foro que lo expresado por esta persona -la cual merece todo mi respeto y consideración-, me mató el interés y la pasión para continuar mi labor organizativa del citado seminario; con un poco de reflexión, comprendí que todavía es posible encontrar profesores que predicán este evangelio *matematequista*...*

⁵ Para la discusión de este problema, recomiendo leer la ponencia "*porqué mis alumnos aprenden a odiar álgebra lineal*", memorias del primer foro de matemáticas, pag29, realizado en noviembre-diciembre de 2001.

⁶ Me consta que existen contadas y magníficas excepciones de profesores puristas, que a pesar de ser muy teóricos y no aplicar de manera explícita en fenómenos prácticos, al menos hacen referencia a éstos, y ponen énfasis en inteligentes e ingeniosos recursos didácticos.

Sin embargo, todavía puedo creer que a pesar de estas actitudes que asumen, no muy pocos colegas, todavía puedo creer que se están formando futuros *ingenieros*⁷, en la DCB.

Todo profesor, no únicamente de álgebra lineal, sino de cualquier rama de las matemáticas debe poner énfasis en sus clases en las mínimas aplicaciones, al menos para ser considerados ante los jóvenes, a quienes se abruma hasta la médula, con tanta matemática purista, y también, para ser más humanos y eficientes en el proceso de enseñanza; en otras palabras *“para ser eficiente en matemáticas puras como en sus aplicaciones, se necesita tener el sentido cualitativo de la teoría, además de dominar los procedimientos que proporcionan resultados cuantitativos. Las ideas difíciles deben presentarse mediante un método intuitivo y después proporcionar su formulación precisa y reforzarla con ejemplos prácticos reales”* (Kaplan y Lewis)

El acto sacrílego de mancillar el álgebra lineal con aplicaciones o, ... lo que es lo mismo: hacia un matrimonio del cielo con el infierno

En la teoría del álgebra lineal “intuitivo” y “axiomático”, son palabras contrastantes, el estudio con el que se aborda actualmente esta teoría es axiomática y deja poco espacio a una forma intuitiva y empírica de abordarla, pues, dizque el lenguaje y las notaciones son los usados en las matemáticas ordinarias informales (aunque formalizables) y primitivas (aunque civilizables), en este sentido, bajo la perspectiva de una enseñanza formalista de excesiva visión teórica, gran parte de los alumnos asumen el siguiente principio cuando la cursan: *La teoría del álgebra lineal se lee, se absorbe y se olvida.*

Este perverso principio tiene mucho que ver con la forma en que se enseña esta asignatura: *descontextualizada de las otras disciplinas básicas*, -conste que no quiero decir con este argumento que esté exenta de aplicaciones-, todos aceptamos que las tiene, pero...su enseñanza no pone énfasis, ni en las mínimas relaciones que se dan con conceptos que se enseñan en otras disciplinas como son el análisis gráfico, cálculo diferencial e integral de una y varias variables, ecuaciones diferenciales y mecánica.

En los aspectos más avanzados del cálculo, en las funciones de varias variables el álgebra lineal es particularmente valiosa, ya que permite simplificar mucho la teoría. En el cálculo elemental, el álgebra lineal tiene menos importancia, sin embargo, en la geometría analítica, resulta muy útil en el estudio de las curvas en el plano, donde el álgebra vectorial se aplica para simplificar la teoría, para revelar el significado geométrico de las *“malsanas fórmulas de las cónicas”*, debe emplearse con frecuencia la geometría con el objeto de ilustrar demostraciones y recalcar el aspecto cualitativo de los teoremas.

⁷ Ingeniero: profesionalista que....

Desde luego, en un contexto moderno del uso de las nuevas tecnologías para el apoyo de la enseñanza, también cabe la posibilidad de trabajar estas ideas matemáticas relacionándolas con el cálculo numérico, estimulando al estudiante a que haga uso inteligente y racional de la computadora.

¡¡ OH Computer !!, help me baby

La computadora fue inventada como una máquina despersonalizada, para efectuar cálculos complejos, almacenar información o procesar textos. Para muchos profesores dinosaurios que programamos con tarjetas perforadas en los centros de cómputo allá por las décadas de los 60's y 70's, la versión moderna personalizada de la computadora sigue siendo el de una máquina hostil, fría, inhumana y poderosa, dotada de una monolítica personalidad prefreudiana⁸, ya que tiene una excelente memoria sin tener subconsciente y no padece complejo de edipo, ni es vulnerable sexualmente, ni teme a la muerte, es más, a nosotros los viejos aficionados computólogos de la prehistoria, las "compus" actuales no nos asustan, ...por esta sencilla razón: *el que no sabe no teme*, imagínense, *el peliculín de "matriz reload"* nos cae como té de tila.

Por lo anterior, creemos que la comunicación con las computadoras es perfecta, pues carece de empatía, un requisito necesario para lograr una buena comunicación emocional, entonces ¿de donde nos viene el complejo computafóbico?, ¿porqué en la actualidad satanizamos su uso, con el pretexto de que el uso de la computadora en la solución de problemas matemáticos, castra en nuestros alumnos su iniciativa, su razonamiento, su creatividad?, ¿porqué pensar que el deliberado acto de oprimir unas cuantas teclas hace que este aparato vomite resultados inmediatos, sin que pueda intervenir en el usuario la mínima capacidad de reflexión?...creo que estamos exagerando, y mucho... es más, diríamos que pecamos de individuos *computafóbicos*⁹.

Si pretendiéramos comparar una computadora con el "hombre computafóbico" diríamos que a la primera hay que cargarle simples instrucciones lo más rígidamente precisas para que funcione, es decir, programas con un lenguaje muy especial, mientras que al segundo hay que cargarle *programas civilizatorios* para que pueda usarla racionalmente.

Por definición una computadora es estúpida, no tiene intuición, es el fetiche más grande inventado por el hombre(¿?), este aparato es como la televisión: idiotiza si no se *selecciona el canal adecuado y se ve con criterio*, mata el espíritu crítico si no se *sabe jerarquizar y analizar inteligentemente la información que proporciona*.

⁸ Román Gubern, "El eros Electrónico", p103, editorial Taurus, España 2000.

⁹ Individuo que rechaza o se resiste inconscientemente al uso que puede darse a la computadora en cualquier contexto: cultural, político, intelectual, etc.

Todas las personas que conocen de las aplicaciones del álgebra lineal, saben que si éstas no se realizan por medio de métodos computacionales, se tiene el grave riesgo de incurrir en un trabajo sin esperanza, de la misma forma, todo profesor de álgebra lineal sabe, que si no se emplea la computadora, a los alumnos les va a cantar el pájaro pitijuy¹⁰ cuando hagan ejercicios a mano en procesos como el de Gauss-Jordan de sistemas de más de tres ecuaciones lineales, o en un Runge-Kuta para resolver una ecuación diferencial de segundo orden o bien en obtener los vectores y valores propios de una matriz que represente un sistema de ecuaciones diferenciales lineales. Realizar a mano los procesos matemáticos ya mencionados, equivale a picar piedra con una pluma¹¹.

Aunque a muchos profesores nos cueste trabajo sacudir nuestras nostalgias, hay que reconocer que este aparato con teclado ya cambió radicalmente nuestra comunicación a distancia, nuestra imagen de entender la tecnología,... nuestra condición cultural, es más, ya está cambiando nuestra condición espiritual en la parte afectiva (enseñanza y aprendizaje a distancia, conferencias a distancia, chateo de novios que no se conocen, cybersexo, entre otras lindezas), echar mano de este recurso cibernético, inteligente y racionalmente constituye un acto de humanidad y consideración intelectual.

Postulado: primero fue el huevo después la gallina

Teorema : El huevo es el álgebra lineal, por lo tanto, enséñese con...ánimo y entusiasmo las ecuaciones diferenciales, teniendo en cuenta las bondades que aporta esta disciplina, pero...con aplicaciones (no hay que ser plumíferos)

En la enseñanza moderna de las ecuaciones diferenciales juega un papel muy importante la construcción de modelos matemáticos de fenómenos físicos, los cuales se desarrollan en el tiempo acordes a ciertas leyes, en este sentido es muy importante señalar a nuestros alumnos el uso generalizado de las ecuaciones diferenciales en la industria, la economía, la medicina, la biología, la ecología, por no decir en cualquier campo de la investigación física y la ingeniería, este señalamiento *motiva* la construcción de modelos matemáticos, es decir, alienta *la construcción la ecuación diferencial* donde se desarrollan las aplicaciones más importantes.

El exfamoso rockero cara de pájaro Rod Stewart cantaba una canción que se llamaba: *cada película cuenta una historia*¹², el título de esta canción tiene mucho que ver con el contexto de la enseñanza moderna de las ecuaciones diferenciales, pues la construcción de una ecuación diferencial puede constituir un modelo

¹⁰ Resabio popular que hace referencia a un pájaro muy simpático y folklórico que habita en la sierra donde se ubica el poblado de Choix, en el estado de Sinaloa, su peculiaridad especial es que tiene cara de buey y no canta.

¹¹ No dudo que pueda realizarse esta empresa con lápiz, papel y calculadora de bolsillo; hay quienes presumen de haberlo hecho con regla de cálculo, pero hay que tener presente que en esa época el concepto andar a las prisas era otro...el tiempo transcurría en cámara lenta

¹² Disco aparecido por los años 70's

matemático que puede representar el comportamiento de un sistema físico, este comportamiento es como la construcción gráfica de la película de un sistema físico, donde la interpretación de la solución de las ecuaciones matemáticas es como la descripción de la historia y todavía más, el futuro comportamiento de dicho sistema.

Los científicos, tecnólogos e ingenieros están convencidos que un buen modelo matemático describe un sistema de interés: *real y con aplicaciones*...urge enseñar a los alumnos el planteamiento de ecuaciones diferenciales que describan sistemas de interés.

El aprendizaje actual de las ecuaciones diferenciales debe basarse en dos aspectos fundamentales: modelado y representación gráfica, el modelado guía la construcción de una representación matemática (ecuación diferencial), que en algunos casos es posible resolverla por medio de métodos convencionales, en estos casos, la solución de una ecuación diferencial son funciones cuyas gráficas son curvas, y estas curvas pueden ser generadas mediante el auxilio de programas de computadora que facilitan enormemente el estudio del análisis cualitativo de estas funciones, inclusive si la ecuación diferencial no puede ser resuelta por métodos convencionales, como es el caso de ecuaciones diferenciales lineales con coeficientes variables o ecuaciones diferenciales no lineales.

En el estudio del álgebra lineal, los espacios vectoriales y las matrices, están las bases conceptuales de la enseñanza de las ecuaciones diferenciales y sus aplicaciones constituyen una fuente inagotable de ejemplos significativos que ilustran y esclarecen las modernas teorías de los sistemas dinámicos y del caos.

A veces resulta muy aleccionador ponerse el saco del filósofo epistemólogo, y recordar siempre que los constituyentes de la naturaleza son tan ricos en su movimiento, que los tipos de "tendencia de movimiento" (campos vectoriales) son tan variados que *no existe un método* que nos permita encontrar explícitamente las soluciones de todo tipo de ecuaciones diferenciales. Esto fue observado por Liouville (1809-1882), quien mostró *la imposibilidad de resolver* explícitamente una gran cantidad de ecuaciones, muchas de ellas ligadas a fenómenos físicos, este aspecto lejos de decepcionar debe considerarse afortunado, ¿cuál es la fortuna entonces?, la fortuna está en que Poincaré (1854-1912) supo dar un giro completo al modo de analizar las ecuaciones diferenciales introduciendo la "*teoría cualitativa de las ecuaciones diferenciales*", mejor conocida ahora como "Sistemas Dinámicos", esta teoría consiste en entender lo mejor posible el comportamiento de las ecuaciones sin necesidad de resolverlas explícitamente. Actualmente, en el análisis de los campos vectoriales, confluyen técnicas diversas de distintas áreas de las matemáticas tales como el análisis, la variable compleja, la topología, los espacios de Hilbert entre otras.

Introducir las bases de esta teoría en un curso de ecuaciones diferenciales en la DCB, no constituye una quimera matemática, constituye más bien brindar la

oportunidad de incursionar, comprender y explotar este filón de oro puro, de acercarse mínimamente a la naturaleza, para representarla, analizarla, entenderla; aunque todavía no se tengan los recursos intelectuales y materiales para controlarla, al fin y al cabo ...benditas y limitadas las ciencias básicas.

Dar este paso, representa un acto simbólico de comprensión y humanidad, pues implica también que nosotros, los profesores, tengamos fe en nuestros jóvenes estudiantes de la DCB, *en esta división en la que les toca vivir temporalmente*.

...que difícil es creer en lo fácil

Que difícil es pensar que nuestros alumnos de la DCB poseen el suficiente intelecto, madurez y autoestima para emprender sus estudios posteriores con luz propia, con la luz que ilumina a los intelectuales insumisos.... aquellos que pueden ser capaces de plantearse dudas científicas, dudas que las hagan suyas e intenten resolverlas con el cerebro conectado al corazón y al alma ... que fácil es pensar que a nuestros alumnos de la DCB, les van a ayudar los cursos remediales¹³ para entender lo que les espera en los cursos curriculares.

Que fácil es aceptar ciegamente verdades absolutas,... aceptar el principio de autoridad.

Conclusiones

Urge cambiar radicalmente el enfoque actual de la enseñanza del álgebra lineal en nuestra Facultad, por un enfoque cuyo objetivo principal sea la integración del álgebra lineal con las aplicaciones de las disciplinas ya mencionadas. Aunque estos temas se pueden estudiar por separado, cuando se integran las bases conceptuales bajo la perspectiva del álgebra lineal se adquiere mayor profundidad y significado, si se relaciona lo uno con lo otro.

La solución de las ecuaciones diferenciales conviene plantearlas desde la perspectiva del álgebra lineal y con métodos matriciales, pues es de este modo como se involucra al estudiante al análisis de las teorías actuales que se aplican hoy en día y que constituyen modelos de sistemas dinámicos, modelos cualitativos imprescindibles que debe manejar, sin descalificar los alcances del alumno iniciado en estas disciplinas.

Cuanto más tiempo se tome, cuanto más tiempo sea empleado en preparar el entendimiento del álgebra lineal y las ecuaciones diferenciales, tanto mejor comprenderá nuestro joven estudiante la construcción de razonamientos

¹³ No cabe duda que esta palabra, además de ingenua es insultante: cree usted que un púber, con “infección intelectual” causada por el contagio de virus que produce el actual sistema educativo básico -tan descuidado y obsoleto en nuestro país-, pueda “remediarse” con unas cápsulas consistentes en un hiperresumen de matemáticas de bachillerato... ¿ingeridas diariamente durante un semestre de tres meses?

cuantitativos, en este sentido es pertinente implementar dos cursos de álgebra lineal uno “light” para todo mundo que estudie ingeniería y otro, “hard” para el que realmente necesite mayores alcances en las aplicaciones poniendo énfasis (“of course”) en las bondades y lindezas que pueden hacer las computadoras¹⁴.

La enseñanza del álgebra lineal, cualquiera que sea el formato con la cual se enseña, sin las mínimas aplicaciones, no tiene ningún sentido estudiarla, debe tenerse una representación de esta ciencia abstracta, acorde a los problemas que puede resolver un alumno en su contexto intelectual.

Por último, La importancia de tal disciplina en el contexto de la ingeniería, depende simplemente de sus aplicaciones, por otro lado, si la importancia de tal disciplina radica en enseñarla de manera abstracta y formal, es decir, descontextualizada de las aplicaciones ingenieriles, entonces: lo primero sugiere que siga **existiendo** en el mapa curricular y se **unifique con otras disciplinas** para darle un nuevo sentido a su enseñanza; lo segundo, creo que no le veo un horizonte prometedor para el futuro ingeniero y lo más sensato es que **desaparezca** del mapa curricular.

El álgebra (lineal) es el instrumento intelectual que se creó para dilucidar el aspecto cuantitativo del mundo

Alfred North Whitehead

¹⁴ Discutible, desde luego, si algunas carreras prescindirían de este segundo curso.

Agradecimientos

Mis más grandes reconocimientos:

A un hombre adulto serio y relajado, investigador del Instituto de Física que imparte cálculo III, y

A una mujer adulta, cautivadora de mirada firme y penetrante, psicóloga, que imparte técnicas para la enseñanza.

A los dos los considero grandes amigos porque siempre me han refrendado su bondad y desinteresado afecto, su solidaridad y complicidad académica. Estoy en deuda con ellos por las críticas constructivas que me hicieron; las tomé tanto en cuenta que modificaron sustancialmente muchos párrafos de la ponencia. La sinceridad de sus regaños y referencias nada tiernas a quien me trajo a este mundo, me obligaron a no cambiar mis actitudes académicas... los quiero mucho y no tengo con que pagarles por el apoyo brindado.

Muchas gracias

Libros consultados

1. Sergio Espinoza Proa, *El deshielo y la nube, incursiones sobre la Universidad y la crisis de la modernidad*, Alebrije, Universidad Autónoma de Zacatecas, 1987.
2. Román Gubern, *El eros electrónico*, Taurus, Madrid, España, 2000.
3. Mario Bunge, *Teoría y realidad*, Ariel quincenal, México 1972.
4. Marcelino Cereijido, *Ciencia sin seso, Locura doble*, Siglo XXI editores, México 1994
5. Morris Kline, *Matemáticas para los estudiantes de humanidades*, Fondo de Cultura Económica, México 1992.
6. Laura Ortiz Bobadilla y Ernesto Rosales González, *Historia de un empujón, un vistazo a las ecuaciones diferenciales ordinarias y a los sistemas dinámicos*, Temas de Matemáticas para el Bachillerato, Publicaciones del Instituto de Matemáticas UNAM, México, 2002.
7. Abraham and Shaw, *Dynamics, the geometry of behavior*, Addison Wesley Publishing Company, California EU, 1992
8. Paul R. Halmos, *Teoría intuitiva de los conjuntos*, CECSA, México 1967.