

Impacto de las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación para la Enseñanza de la Matemática en la Educación Superior

M.Sc. Enrique Vílchez Quesada

Universidad Nacional

Escuela de Matemática

Centro de Investigación y Docencia en Educación

Fecha de recibido: Diciembre, 2005. Fecha de aceptación: Febrero, 2006.

Resumen

Se plantea cuáles son las implicaciones de la sociedad de la información y el conocimiento en el ámbito educativo y cómo en particular las tecnologías digitales están transformando el modelo de universidad tradicional, en las instituciones de enseñanza superior. Se destaca la importancia que tiene la enseñanza y el aprendizaje de la matemática para el desarrollo de las destrezas del pensamiento y en este contexto el papel que podrían cumplir los materiales educativos computarizados, para la creación de ambientes de aprendizaje enriquecidos con nuevas estrategias didácticas basadas en el uso adecuado de la computadora. Finalmente, se exponen algunas experiencias en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática asistida por computadora, en la educación superior.

Palabras clave: educación, enseñanza, aprendizaje, matemática, tecnologías, comunicación, información, desarrollo.

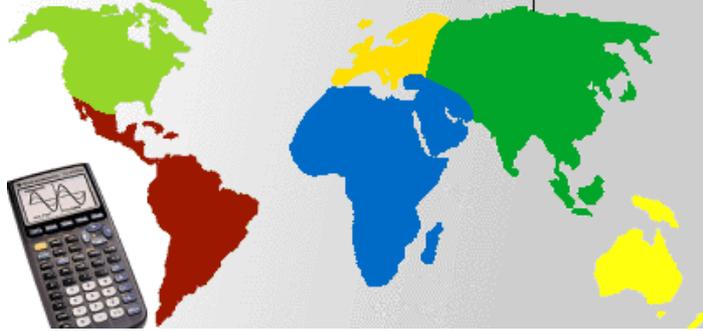
Revista Digital Matemática, Educación e Internet (www.cidse.itcr.ac.cr), Volumen 7, número 2.

1. Introducción

La evolución de la sociedad en las últimas décadas, ha excedido el ritmo de los procesos históricos que tiempo atrás habían caracterizado a la humanidad, hoy en día lo único perdurable son los cambios constantes promovidos en gran medida por el avance tecnológico, que ha cerrado las brechas entre distancia y conocimiento, entre imaginación y realidad.

Un mundo globalizado como el actual, no puede pasar desapercibido en la comunidad docente encargada de preparar las futuras generaciones que tomarán a su cargo el importante reto del desarrollo nacional. Como educadores y educadoras tenemos el deber moral y profesional de circunscribir nuestra labor educativa en este contexto. El inicio de este proceso de cambio indudablemente relaciona nuestra actividad docente con el desarrollo tecnológico, tratando de incorporar en el salón de clase, estrategias de enseñanza y aprendizaje que utilicen recursos didácticos

programables o materiales educativos computarizados.



basados en el uso de calculadoras programables. Lo anterior impone una transformación curricular en el contexto de las instituciones de enseñanza superior, quienes tienen la responsabilidad de generar investigación, experiencias y formación académica para lograr una transición benigna de la sociedad industrial a la sociedad de la información.

Información y sus Implicaciones en la Educación

2. La Sociedad del Conocimiento y la

Los cambios culturales y económicos que la humanidad ha experimentado en las últimas décadas, han marcado el ritmo de los procesos históricos que antes de la aparición de la computadora, habían caracterizado la evolución de la sociedad. Hoy en día las naciones han comenzado una vertiginosa carrera, buscando la transición de una sociedad industrial a una sociedad donde el conocimiento y la información se han convertido en los insumos fundamentales para el desarrollo en todos sus ámbitos. El Dr. Leopoldo Briones Salazar en su artículo Demandas de la Sociedad del Conocimiento a la Gestión del Currículum Escolar, opina que nos encontramos en un escenario donde las tecnologías de la información configuran las relaciones sociales; *“algunos sostienen que vivimos en una sociedad de cambios globales en que la información y el conocimiento se constituyen en los bienes más distintivos y preciados en la esfera social”* (2002 : 1).

Según Francisco Papa Blanco en su libro *Tecnología y Desarrollo*, la sociedad ha desplazado su centro de gravedad de la industria hacia los servicios, un cambio que ha implicado el movimiento irreversible hacia la “informatización”. Papa considera que la informática es una ciencia cada vez más necesaria en una sociedad moderna: *“la expansión de las capacidades de registro y transmisión, y la facilidad de acceso a los sistemas, hará proliferar las redes de información sobre toda la diversidad imaginable de temas”* (1979 : 116).



La información masiva y sus facilidades de acceso son el mínimo común denominador de la sociedad de hoy. El desarrollo progresivo de la red de redes Internet, ha provocado profundos cambios culturales, donde la velocidad en las comunicaciones sin importar las fronteras y los idiomas, han convertido la transmisión de la información en una actividad cotidiana, que conlleva unos cuantos segundos.

Actualmente las instituciones educativas han tenido que considerar la necesidad de incorporar tecnología en los procesos educativos para desarrollar nuevos métodos de aprendizaje, a través del acceso a múltiples formas de interacción y fuentes de información. Para el Catedrático Martiniano Román Pérez de la Universidad Complutense de Madrid, éste proceso es un resultado ineludible, en su libro *Un Nuevo Currículum para la Sociedad del Conocimiento* propone; *“cada época posee su modelo de escuela y cada cambio social relevante reclama cambios también relevantes en la escuela”* (2002 : 1).

Manuel Area Moreira en su artículo *¿Qué aporta Internet al Cambio Pedagógico en la Educación Superior?*, considera que los métodos tradicionales de enseñanza que se utilizan con mayor frecuencia en las instituciones educativas son: la clase magistral, la toma de apuntes por parte del alumno y, la lectura y memorización de textos. Para Area, este tipo de metodología lleva implícita una visión del conocimiento como algo definitivo, estático y sin cuestionamientos. Una paradoja si se piensa en la

sociedad del conocimiento y de la información, en la cuál se circunscribe el momento histórico que vivimos. Area a este respecto opina: *“la llegada de las denominadas tecnologías digitales de la información y comunicación a los distintos ámbitos de nuestra sociedad, y de la educación en particular, puede representar, y en muchos casos así empieza a ocurrir, una renovación sustantiva o transformación de los fines y métodos tanto de las formas organizativas como de los procesos de enseñanza”* (2000 : 129).

De acuerdo con Peter J. Dirr en su artículo Desarrollo Social y Educativo con las Nuevas Tecnologías; en la educación superior los retos son aún mayores, la mayoría de los profesores universitarios se resisten al uso de recursos tecnológicos por dos razones: una consideran que al utilizar tecnología se disminuyen sus posiciones como expertos de su disciplina, y la otra aprendieron en un sistema educativo tradicional. Pese a ello señala Dirr: *“la tendencia de los centros de enseñanza superior; apunta al crecimiento en el uso de tecnologías, esto resulta de la presencia de un nuevo grupo de alumno -adultos- quienes trabajan y tienen competencias y experiencias que no tuvieron los alumnos de promociones anteriores”* (2004 : 73).



Nos encontramos en una nueva era; la era digital, la postura de las instituciones educativas ante este cambio, no puede seguir manteniéndose en la austeridad de las denominadas *“escuelas de piedra”* (Bartolomé, A., 1996 : 6). La educación, indica Dirr, ha dejado de ser un beneficio social; *“ahora los alumnos son vistos como un posible mercado, con recursos para gastar en educación”* (2004 : 74). Si un centro de enseñanza desea garantizar su supervivencia; debe competir, adecuando su oferta académica a la demanda sociocultural. El reto impone acciones prontas, eficaces y concretas, que conducen a transformaciones pedagógicas y metodológicas en un marco educativo completo, definiendo

objetivos, reestructurando planes y programas de estudio, y creando estrategias didácticas que permitan adaptar los sistemas educativos y anticipar propuestas para enfrentar cambios futuros, promovidos por el desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación.

3. Transformación de la Educación Superior por las Tecnologías Digitales

El replanteamiento de la educación superior durante la década pasada, alcanzó un auge impresionante traducido en diversos esfuerzos académicos y asignación de recursos, por parte de múltiples instituciones y organizaciones a nivel mundial. Algunas de estas organizaciones participantes fueron la Asociación Internacional de Universidades y la UNESCO que en particular auspició cinco conferencias regionales en América Latina y el Caribe (Cuba, 1996), África (Senegal, 1997), Europa (Italia, 1997), Asia y Pacífico (Japón, 1997) y Países Árabes (Líbano, 1998). En el mes de octubre de 1998, se llevó a cabo en París la Conferencia Mundial sobre Educación Superior identificándose problemas, tendencias y nuevos requerimientos deseables, dentro de los cuales se destacaron la necesidad de una educación:

- De mejor calidad.
- Más accesible y equitativa.
- Más pertinente a las exigencias de la sociedad.

- Centrada en los estudiantes.
- Más sostenible desde los puntos de vista económico, pedagógico, social y político.

En ese mismo año, la UNESCO propuso un Plan de Acción para la transformación de la educación superior en América Latina y el Caribe, definiendo la forma en cómo las tecnologías de la información y comunicación podrían contribuir en la transición de un nuevo modelo de universidad. Entre otros aspectos el Plan señala la gestión académica de nuevas tecnologías de la información y comunicación como un punto medular, que de acuerdo a la autora Elena Borrego en el artículo Transformación de la Educación Superior en América Latina, esto significa: *“la necesidad de que los países de la región conozcan cómo pueden utilizar, generar y adaptar las tecnologías para mejorar la calidad, la pertinencia y el acceso a la educación superior, sin el riesgo de un desfase entre sectores sociales y países, en función de la capacidad para el manejo de esas tecnologías”* (2004 : 125).



Diversos autores (Dirr, Silvio, Salinas, entre otros) piensan que la digitalización de la información y el desarrollo de nuevas formas de comunicación, promovidas en gran parte por el avance de la ciencia y la tecnología, podrían poner en riesgo las universidades tradicionales. Una nueva sociedad basada en la información como insumo de competitividad y permanencia en el mercado, ha abierto posibilidades inimaginables décadas atrás. La educación según José Silvio en su artículo *¿Cómo Transformar la Educación Superior con la Tecnología Digital?*, está siendo conducida por tres grandes fuerzas: la social, la académica y el mercado. La fuerza conducida socialmente es la que ha

caracterizado los procesos de democratización y universalización de la educación superior. La fuerza académica está orientada a satisfacer los problemas de las organizaciones científicas y académicas. Finalmente la fuerza del mercado ha querido sufragar las necesidades empresariales y corporativas. Esta última con una aparición reciente, cuyo objetivo principal se circunscribe en la actualización y renovación permanente de conocimientos, ha consolidado el surgimiento de “universidades corporativas” y “universidades empresariales”, orientadas a atender las necesidades de la clase trabajadora profesional y de adecuarse a su realidad. Hoy en día la Universidad debe actualizar su misión y visión, hacia una formación permanente y de por vida. Los cambios suscitados por las tecnologías digitales lo exigen y las instituciones de enseñanza superior no lo pueden ignorar más.

El desarrollo de las tecnologías digitales con sus consecuentes cambios sociales y culturales, está transformando el contexto de las instituciones de enseñanza superior. A su vez, muchas universidades concientes del proceso y su irreversibilidad, han optado por adaptarse y valerse de las bondades brindadas. Según Jesús Salinas en el artículo Educación Superior y Tecnología Digital; *“las TIC^[3] harán posible organizar la educación de forma diferente, esto puede conducir a nuevos modelos organizativos”* (2004: 114). Juan de Pablos Pons en el artículo La Formación Superior y el Reto de las Nuevas Tecnologías de la Información, se muestra optimista frente al uso de las TIC en las universidades; *“la incorporación de las nuevas tecnologías de la información a las actividades universitarias de formación, investigación y gestión es algo que solamente puede valorarse inicialmente como positivo, dadas las prestaciones y posibilidades de estas herramientas”* (2004 : 121).

En el ámbito de la formación universitaria, la aparición de las nuevas tecnologías digitales está imponiendo a los docentes cambios pedagógicos y metodológicos muy radicales. Dentro de estos cambios la autora venezolana Carlota Pérez en el artículo La Universidad en el Nuevo Paradigma para la Vida en la Sociedad del Conocimiento, considera indispensable una transformación en el estilo pedagógico; hacia la búsqueda de la autogestión del conocimiento; *“esto coincide con el eterno ideal de enseñar a aprender, en la práctica supone organizar la enseñanza con base a prácticas que desarrollen la autonomía del educando, lo cual implica: entrenamiento para la autogestión, trabajo en equipos interdisciplinarios, la investigación y la solución de problemas y hábitos de análisis y valoración de*

alternativas" (2002 : 2).

Si nos encontramos en una sociedad caracterizada por el acceso masivo y rápido a la información, no tiene sentido un aprendizaje memorístico de contenidos. Antonio Bartolomé en el artículo Preparando para un Nuevo Modo de Conocer, considera que hoy en día se accesa la información a través de la cultura del espectáculo, la participación y la interactividad. Para él, la utilización de sistemas multimedia [4] son un claro ejemplo del denominado Edutainment; una relación conceptual entre la educación y el entretenimiento. Bartolomé considera que la enseñanza debe ser activa, entretenida y divertida; "*¿por qué un alumno incapaz de trabajar diez minutos seguidos en una clase, se pasa horas y horas delante de un ordenador?; la clave debe buscarse en la satisfacción que ofrece la actividad*" (1996 : 11).

En este sentido, la utilización de software y en particular de material educativo computarizado [5] está adquiriendo una importancia preponderante en la transformación de los procesos pedagógicos que caracterizan la educación superior. Una transformación lenta pero incuestionable, que implica profundos cambios curriculares y administrativos, en el perfil de la antigua Universidad.

4. Importancia de la Enseñanza de la Matemática para el Desarrollo del País

La polémica que gira en torno de la enseñanza de la matemática en los centros educativos costarricenses, tanto de la educación general básica como de la educación superior, es sumamente compleja, se encuentra cargada de mitos culturales provenientes no solo de una cultura popular, sino también de una sistemática propia de los profesionales de la educación.



No es algo nuevo, ni en esta época ni en épocas anteriores, el trauma mitológico que por lo general se guarda hacia esta disciplina. El malestar popular hacia el estudio de la matemática, se hace sentir en los centros educativos. En ellos, los estudiantes parecen mostrar una apatía automática frente a los retos que les impone la rigurosidad y abstracción característica de esta ciencia.

Esta problemática exige un reto nacional, no solamente para los educadores, sino también para las familias costarricenses, quienes son las que se encargan de fortalecer o reprimir, el temor hacia el aprendizaje de los conocimientos matemáticos desde edades muy tempranas.

Es indispensable que en las instituciones educativas, se establezcan las condiciones óptimas para la enseñanza de una "matemática sana".

Una tendencia de nuestra sociedad costarricense, radica en responsabilizar a los profesionales de la educación por los fracasos del sistema educativo, lo cual en cierta medida es justificable, sin embargo, no es posible perder de vista las características socioculturales del tipo de estudiante que está ingresando a los centros educativos. Debido al gran deterioro que a sufrido la estructura familiar, muchos estudiantes se "*educan*" bajo una concepción de mediocridad y conformismo; acostumbrados a pretender que otros resuelvan sus problemas y no asumir con seriedad las responsabilidades personales. Este rasgo característico, se evidencia en las aulas institucionales; si se le exige al alumno que rinda gran parte de su potencial individual, los reclamos y disgustos no se hacen esperar, la dirección, los padres de familia y el estudiante, constituyen un jurado muy difícil de convencer.

En mi opinión, la lucha por mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la matemática es una realidad dentro de la formación universitaria de los nuevos profesionales encargados de realizar esta tarea, sin embargo, sus voluntades parecen mermarse por todos los factores y elementos que el sistema educativo implica en su práctica cotidiana. Desde este punto de vista, muy pocos docentes están comprometidos verdaderamente por inyectar un cambio necesario y suficiente en las distintas instituciones educativas en que laboran. Lo más paradójico de esta situación, es que para aquellos profesionales que asumen este importante reto, no solo se les impone una gran inversión de tiempo y sacrificio personal, sino también llevar a cuestras las duras críticas de sus colegas o presiones burocráticas por parte de las rígidas normativas ministeriales.



Los estudiantes en los centros educativos no aprenden matemática, aprenden algoritmos y algunas reglas sin sentido que con mucha facilidad olvidan en transcurso de semanas. Desde este punto de vista, la educación secundaria no está llenando las expectativas del tipo de ciudadano que el país requiere. Los estudiantes no adquieren aprendizajes duraderos, gracias a una exclusiva preocupación por aprobar los exámenes de cada curso. En mi experiencia como docente en la educación superior, he podido comprobar la pésima formación matemática que los estudiantes arrastran desde su educación secundaria. Bajo esta perspectiva, el Estado costarricense está invirtiendo muchos recursos tanto económicos como humanos; obteniendo resultados que reflejan una pérdida sustancial de las inversiones puestas en juego.

La matemática es una ciencia naturalmente formativa. Además de proporcionar conocimientos indispensables en nuestras sociedades tecnificadas y científicas, otorga toda una estructura de pensamiento constituida bajo el estandarte de la duda. El aspecto más importante de este *síndrome de la duda*, es su integración a la forma de vida cotidiana y los efectos intrínsecos que la acompañan, tales como: confianza, autoestima, criticidad y una modalidad de pensamiento fundamentada bajo los principios de la lógica matemática.

En la enseñanza de la matemática en particular, debe tenerse claro cuál es su fin, precisamente por esa falta de claridad en los docentes de secundaria y de la educación superior, se enseña con una tendencia memorística-reproductiva que aumenta más la frustración histórica hacia ella. Es natural entonces, que todo educador en esta área del saber, conozca los tres fines de su enseñanza: *el fin instrumental, el fin práctico y el fin formativo* (Toranzos, F., 1963). El fin instrumental, se refiere al papel imprescindible que la matemática juega dentro de la contextualización cognoscitiva de otras disciplinas, que sin su estudio sería imposible poderlas abordar sistemáticamente. El fin práctico hace referencia a la utilidad práctica que los conocimientos matemáticos desempeñan en la vida cotidiana. Finalmente, el fin formativo reconoce en la matemática el medio óptimo, mediante el cual es posible desarrollar en el estudiante sus destrezas de pensamiento, además de favorecer ciertas actitudes, tales como: orden, aseo, precisión en el uso del lenguaje, entre otras.

Mi posición respecto al ¿para qué? de la enseñanza de la matemática, se inclina más por su fin formativo, sin embargo, independientemente del peso que cada docente le otorgue a los respectivos fines, lo importante es que éste no delegue su responsabilidad de concretar con qué finalidad realiza su enseñanza. Esto le permitirá definir adecuadamente objetivos dirigidos a un desarrollo claramente preestablecido.

Otro rasgo mitológico interesante, es la analogía matemática-inteligencia que parece no poderse separar. Se considera inteligente por lo general a la persona que presenta mayores habilidades de tipo lógico-matemáticas y como consecuencia de esta tendencia, los profesores y profesoras en los centros educativos suelen etiquetar a los estudiantes en función de estas destrezas. Es reconocible la enorme dificultad que implica no etiquetar a nuestros alumnos, sin embargo, hacerlo pone en riesgo no descubrir habilidades o destrezas en otros estudiantes parcialmente pasivos o indiferentes temporales. Siendo la educación un proceso continuo, no es posible suponer que de aquel alumno más difícil no pueda resultar el objetivo profundo y sistemático que se quería.

La matemática en sí misma, desempeña una tarea esencial en el desarrollo de cualquier país. Permite comprender los problemas del entorno y estructurar con solidez, proyectos de mejoramiento nacionales mediante modelos matemáticos que impulsan la evolución de la ciencia y la tecnología. Contribuye además, a formar mejores individuos, con esquemas mentales que optimizan su productividad y por ende su aporte en el desarrollo del país.

Considero que la enseñanza de la matemática, puede ser uno de los puntos medulares frente a la brecha existente entre los países del “norte” y los del “sur”. Si el punto clave para ir ganándole terreno al desarrollo, consiste en ir mejorando la economía nacional, mediante políticas estructuradas con indicadores tales como: salud, educación, medio ambiente, entre otros, la tarea del sistema educativo se circunscribe en la formación de individuos que puedan asumir este reto, que tengan actitud hacia la resolución de problemas, que posean estructuras de pensamiento capaces de conciliar variables en apariencia dicotómicas, que puedan tener la rigurosidad y exactitud en la toma de decisiones frente a las exigencias del actual mundo globalizado. Desde luego que para ello, los docentes y padres de familia deben formar un mismo cuerpo, que les permita vencer la gran cantidad de mitos que contaminan la enseñanza de una “matemática sana”.

5. Desarrollo del Pensamiento Lógico Mediante la Enseñanza y el Aprendizaje de la Matemática

Al escribir como título de este apartado “*el desarrollo del pensamiento lógico*”, parto de dos premisas: en primer lugar de la opinión bastante generalizada de los docentes universitarios, con relación a los estudiantes de primer ingreso quienes parece ser, en su mayoría, no saben “*pensar*”. Como un segundo punto estoy convencido que la enseñanza de la matemática puede contribuir decisivamente con el desarrollo de las habilidades del pensamiento y destrezas cognitivas, que fortalecen la capacidad de razonamiento, la disciplina mental y el rigor en la toma de decisiones, una percepción ratificada por diversos investigadores. Por ejemplo, Dieudonne (1961) citado por Meza al referirse a la finalidad que se persigue con la enseñanza de la matemática en los centros educativos, señala: “*ciertamente, no es la de hacerles conocer (a los estudiantes) una colección de teoremas más o menos ingeniosos sobre bisectrices de un triángulo o la sucesión de los números primos, de los que no harán ningún uso (a menos que se conviertan en matemáticos profesionales), sino la de enseñarles a ordenar y a encadenar sus pensamientos con arreglo al método que emplean los matemáticos, y porque se reconoce que este ejercicio desarrolla la claridad del espíritu y el rigor del juicio. El objeto de esta enseñanza debe ser, por tanto, el método matemático, y las materias de enseñanza no serán más que ilustraciones bien elegidas del mismo*”.

Me parece importante antes de continuar con esta exposición, salir de la ambigüedad causada al utilizar el término “*pensamiento lógico*”. Según Bonilla el pensamiento es: “*la capacidad y ejercicio de la actividad intelectual o cognoscitiva, hace referencia no solo a las operaciones lógicas del razonar, sino que incluye todas las funciones lógicas, epistemológicas y psicológicas de la mente humana*” (1999 : 240). Esta misma autora refiriéndose al concepto de lógica, señala: “*la lógica se ocupa de las formas que utiliza nuestra razón para la organización de los conocimientos que obtenemos en nuestro contacto con el mundo*”. Es decir, el “*pensamiento lógico*” es la capacidad y ejercicio de la actividad cognoscitiva, para organizar los conocimientos que se obtienen del mundo exterior.



Surge entonces la interrogante ¿cómo podemos enseñar a pensar lógicamente a nuestros alumnos?, ciertamente nadie puede pensar por otro, de tal forma que la actividad del pensamiento es una actividad individual. Nuestra labor como docentes en este contexto, se supedita a *provocar* en los estudiantes el desarrollo de procesos lógicos de pensamiento. Lo anterior desde luego, requiere la supervisión de un educador hábil y competente, que posibilite la creación de un ambiente de aprendizaje de índole heurístico, dándole la libertad al alumno de descubrir por sí mismo lo que se le quiere enseñar.

Definir la forma en cómo se debe enseñar matemática para estimular en los estudiantes la investigación, el razonamiento, la exploración, la verificación de resultados, el análisis, la síntesis y el poder de generalización y abstracción, no es una tarea sencilla, implica la selección de metodologías y estrategias didácticas que favorezcan el desarrollo de las capacidades para la resolución de problemas. Anderson, Sweeney y Williams (1993) citados por Meza, definen la resolución de problemas como el proceso de identificar una diferencia entre algún estado de cosas actual y uno deseado, y emprender después una acción para eliminar la diferencia. Estos mismos autores, indican que el proceso de resolución requiere la aplicación de los siguientes pasos:

1. Identificar y definir el problema
2. Determinar el conjunto de soluciones en alternativa
3. Determinar el criterio o criterios que se utilizarán para evaluar las opciones
4. Evaluar tales opciones
5. Elegir una de ellas
6. Implantar la opción o alternativa seleccionada
7. Evaluar los resultados y determinar si se ha obtenido una solución satisfactoria

También Paniagua (1999 : 185) define la resolución de problemas como: *“un proceso que permea la totalidad de los programas de estudio y provee el contexto en el cual los conceptos son aprendidos y desarrolladas las destrezas matemáticas”*. Esta autora considera que el proceso de resolución de un problema implica cuatro etapas: entender el problema, planear su solución, resolver el problema y replantear su solución.

La matemática puede favorecer el desarrollo del pensamiento y la toma de decisiones, lo anterior se logrará en la medida en que los estudiantes aprendan a justificar sus propios pensamientos y aprendan a confiar en su habilidad para hacer, interpretar y comunicar resultados matemáticos.

Entonces, ¿Cuál es el rol que deben asumir las nuevas tecnologías de la información y la comunicación para favorecer el desarrollo del pensamiento lógico?, como se explicará en el siguiente apartado, la aparición de estas tecnologías ha abierto una gama de posibilidades inimaginables décadas atrás, para transformar los métodos de enseñanza tradicionales por otros donde impera la participación activa del estudiante y la guía del educador como un facilitador y no un transmisor de conocimientos.

6. Tecnologías de la Información y la Comunicación para la Enseñanza y el Aprendizaje de la Matemática

6.1 Materiales Educativos Computarizados

Galvis (1992) define material educativo computarizado (MEC) como: *“un ambiente informático que*

permite que la clase de aprendiz para el que se preparó viva el tipo de experiencias educativas que se consideran deseables para él frente a una necesidad educativa dada". Un MEC se diferencia de un software educativo pues su campo de aplicación es más restringido. Un software educativo se ocupa de un dominio de utilización amplio, puede tener varios grados de especificidad o generalidad, para Galvis simplemente es un programa que cumple una tarea educativa relacionada con la enseñanza o no, de esta forma un software que administre procesos educacionales se considera educativo.

Los materiales educativos computarizados están adquiriendo cada vez más importancia en los procesos de la enseñanza y el aprendizaje de la matemática asistida por computadora. En la siguiente sección se aborda este tema a la luz de algunos investigadores en esta área disciplinaria, tanto nacionales como internacionales.

6.1.1 Importancia de los Materiales Educativos Computarizados para la Enseñanza y el Aprendizaje de la Matemática

Los procesos educativos que caracterizan la enseñanza de la matemática en la mayoría de las instituciones de educación superior en Costa Rica, se fundamentan en una metodología tradicional, donde el docente asume el rol protagónico de transmisor de información y el estudiante un papel receptor-reproductivo. Un proyecto de investigación realizado por el Dr. Luis Gerardo Meza Cascante y el M.Ed. Fabio Hernández Díaz titulado: *Enseñanza de la matemática en el ITCR; patrones de interacción en el aula*, pretendió investigar las dimensiones culturales en aulas universitarias en las que se desarrollaron procesos de enseñanza y aprendizaje de la matemática apoyados con software, la investigación arrojó dentro de una de sus conclusiones el predominio de las lecciones magistrales en combinación con el método interrogativo. Meza y Hernández lograron comprobar cómo el trabajo de aula es complementado casi exclusivamente, con prácticas adicionales que el estudiante asume por su cuenta. Los investigadores señalan (2000 : 85): *"los procesos que ordinariamente se desarrollan en la enseñanza de la matemática, se caracterizan por: clases magistrales, presentación secuencial de los contenidos, prácticas adicionales, trabajo individualizado como norma general y comunicación entre las y los estudiantes escasa"*.

Hoy en día la tendencia impuesta por los avances científico-tecnológicos, demanda un cambio en los procesos de la enseñanza y el aprendizaje, una transformación hacia la búsqueda de nuevos métodos y estrategias didácticas, aprovechando todas las potencialidades brindadas por las tecnologías de la información y la comunicación. Comparto con Meza (2000) el criterio acrítico y tecnofílico que asumen los vendedores de equipo y software, y algunos políticos quienes están interesados en exagerar los beneficios que a corto o mediano plazo podrían obtenerse al utilizar las computadoras en el aula. Lo cierto es, que ella constituye simplemente un recurso más; Meza (2000) a este respecto plantea: *"la tarea fundamental del docente es planificar, desarrollar y evaluar procesos de enseñanza y aprendizaje, la computadora juega en este contexto, el papel exclusivo de instrumento de apoyo"*.



Vivimos en una nueva sociedad caracterizada por la imagen y la interacción, por el espectáculo y la conectividad, los cambios culturales atribuidos a la computadora alcanzan todas las esferas; la social, la económica y desde luego la educativa. Hoy en día existe la creencia de que las nuevas generaciones parecen tener una aceptación casi inmediata, instintiva hacia el uso de los recursos tecnológicos, algunos autores piensan que esto no es del todo cierto; Badilla (1998) citado por Meza expone el error de suponer que a todos los jóvenes les gusta sentarse frente a una computadora; éste investigador detectó problemas de desinterés, asistencia y disciplina en algunos muchachos y muchachas que formaron parte de un estudio, realizado en la enseñanza secundaria. También otros autores han cuestionado el mito de que la incorporación de la computadora

en los procesos de la enseñanza y el aprendizaje lleva implícito un efecto positivo. Galvis (1992) enfatiza la necesidad de sacarle el provecho adecuado a las computadoras, para lograr un verdadero enriquecimiento de la labor educativa; *“si la informática ha de tener un papel importante en el enriquecimiento de la labor educativa, es indispensable tener claro qué tipo de educación deseamos impulsar y cómo se puede favorecer tal enfoque educativo”* (1992 : 6). Lo anterior significa que el uso de materiales educativos computarizados en el salón de clase, no puede tener un fin en sí mismo, es necesario analizar su impacto y los beneficios que se obtendrán en términos de objetivos de aprendizaje.

Meza, Garita y Villalobos (2001) proponen que los procesos de enseñanza y aprendizaje de la matemática asistida por computadora, deben basarse en los siguientes principios:

- El uso de la computadora en el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática debe enmarcarse un planteamiento educativo.
- La computadora debe incorporarse en el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática sólo cuando sea más eficaz o más eficiente que otros medios.
- La incorporación de la computadora en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la matemática permite aumentar la eficiencia y eficacia de algunas estrategias que el docente utilizaba antes de incorporar la computadora.
- El empleo de la computadora en el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática permite diseñar algunas estrategias didácticas que no es posible desarrollar con otros medios.

En este último punto, radica uno de los factores más importantes que justifican la necesidad de utilizar materiales educativos computarizados para la enseñanza de la matemática. La existencia de ambientes matemáticos apoyados con tecnología, de acuerdo a Kolman (1980) favorece la motivación y la curiosidad intelectual del estudiante.

Uno de los problemas fundamentales en la enseñanza de la matemática, consiste en el aprendizaje de conceptos que presentan en sí mismos serias dificultades de comprensión. José María Arias (s.a.) presidente de la Asociación Logo Madrid citando a Papert señala: *“como profesor de matemática (Papert) presenta una gran preocupación por el fracaso escolar en matemática, lo que él llama matemafobia, dice que se podría transformar en matemalandia, si los materiales y los medios lo permitieran”*. Es natural encontrarse con teorías matemáticas muy abstractas, difíciles de interiorizar si se le enseñan al estudiante de una manera exclusivamente magistral. En el campo del álgebra lineal esto parece ocurrir, temas como espacios vectoriales y aplicaciones lineales generalmente son etiquetados por el estudiante como difíciles y poco significativos, cuando en realidad tienen una trascendencia vital dentro de su formación académica en ingeniería o matemática.



Si la enseñanza de la matemática lleva implícita serios problemas cognoscitivos y muchos docentes no conocen nuevas formas de comunicación para cambiar sistemáticamente sus métodos tradicionales, ¿cuál debería ser el aporte de la utilización de materiales educativos computarizados en los procesos de la enseñanza y el aprendizaje?, la respuesta a esta pregunta se enmarca en dos aspectos: primero me parece indispensable aprovechar todas las capacidades gráficas, de cálculo simbólico, de almacenamiento y velocidad del computador, diseñando situaciones de aprendizaje que le permitan al estudiante explorar, descubrir y conjeturar. Según Calderon; *“la computadora permite el uso de representaciones simbólicas, el acceso a*

representaciones numéricas y visuales dinámicas, y puede ser utilizada como un medio de exploración donde los alumnos pueden expresar ideas” (1999 : 55). Harel y Kolman (1991) citados por Calderon plantean: “se enfatiza la importancia de las representaciones en el proceso de aprendizaje, el proceso de construcción de significados involucra el uso de representaciones y el aprendizaje de un concepto puede ser facilitado cuando hay más oportunidades de construir e interactuar con representaciones externas del concepto”.

En segundo lugar, la utilización de materiales educativos computarizados, se puede también circunscribir en la formación y capacitación de la población docente. Para Hernández y Rodríguez (1999) profesoras de matemática de la Facultad de Ingeniería Mecánica del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cuba; *“los problemas de la educación, y en particular, de la enseñanza de la matemática demandan una elevada preparación científica de los profesionales que participan en el proceso docente-educativo de esta disciplina, este objetivo solo se puede lograr si se introducen métodos y medios que propicien una efectiva superación y calificación técnica y profesional del personal docente” (1999 : 248).* Lo anterior propone la necesidad de involucrar a los profesores universitarios en un cambio curricular, fortaleciendo su alfabetización informática y pedagógica.

Con relación al desarrollo de materiales educativos computarizados, en la siguiente sección se explica un ciclo de desarrollo propuesto por una de las mayores autoridades en este campo; Alvaro Galvis Panqueva.

6.1.2 Desarrollo de Materiales Educativos Computarizados

La bibliografía tanto a nivel nacional como internacional disponible, que trata el tema de desarrollo de materiales educativos computarizados es muy escasa. Las bibliotecas centrales de la Universidad de Costa Rica, la Universidad Nacional y el Instituto Tecnológico de Costa Rica no cuentan con una amplia variedad de títulos y autores que aborden directamente el tema. El libro más importante en esta materia se denomina *Ingeniería de Software Educativo* y su autor es Alvaro Galvis Panqueva investigador de la Universidad de los Andes Santafé de Bogotá, Colombia. Galvis en este texto de una manera sistemática, describe un modelo para el diseño de materiales educativos computarizados, que denominó *“ciclo de desarrollo de software”*.

El ciclo de desarrollo de software propuesto por Galvis se representa en la siguiente figura^[6]:

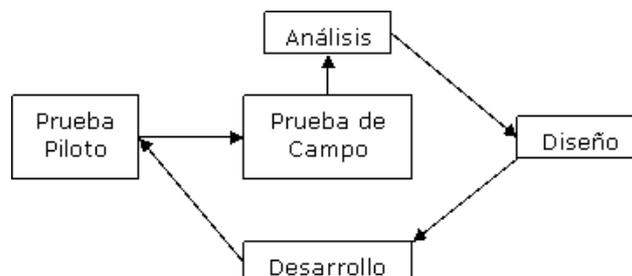


Figura 1: Ciclo de Desarrollo de Software Educativo

6.1.2.1 Análisis

La etapa de análisis consiste en definir con claridad los problemas educativos que se necesitan solucionar o mejorar, para ello es indispensable consultar las fuentes directamente ligadas al problema. Una buena fuente será aquella que permita vislumbrar retos o debilidades para lograr los objetivos de aprendizaje en un ambiente de enseñanza específico. Algunas de estas posibles fuentes son: los profesores, los alumnos, los registros académicos (que consignan cuantitativamente las materias en donde se presentan mayores dificultades), los programas de estudio, entre otras.

Ante los problemas detectados es fundamental conocer su origen y qué aspectos podrían contribuir a su solución, dando cabida a un análisis de alternativas tales como capacitar profesores, conseguir medios y tomar decisiones (considerando costos y beneficios). En este sentido la observación del entorno del MEC es primordial, teniendo en cuenta el tipo de necesidad educativa que trata de ayudar a subsanar. Galvis propone una serie de variables denominadas *variables del entorno*, que pueden ayudar al gestor del material a llevar a un buen término este proceso. Algunas de ellas son: la población objetivo, el área de contenido, documentación del MEC y el medio de transferencia.

Ante una alternativa o conjunto de alternativas de solución, se hace imprescindible definir el rol de la computadora y el tipo de MEC que conviene usar: un sistema tutorial (que enfatiza en un conocimiento reproductivo, más que productivo), un sistema de ejercitación y práctica (para afianzar conocimientos), un simulador (para llegar al conocimiento por exploración), un juego educativo, un sistema experto (cuando lo que se quiere aprender es lo que sabe un experto), un tutor inteligente (cuando se desea que el MEC asuma adaptativamente la función de orientación y apoyo al aprendiz). Con el tipo de MEC seleccionado se inicia la etapa de diseño.

6.1.2.2 Diseño

El diseño de un MEC está en función directa de los resultados de la etapa de análisis y se divide básicamente en tres clases: el diseño educativo, el diseño de comunicación y el diseño computacional.

6.1.2.2.1 Diseño Educativo

Resuelve las interrogantes que se refieren al alcance, contenido y tratamiento que debe ser capaz de resolver el MEC. En esta etapa se procura responder las siguientes preguntas: ¿qué aprender con apoyo del MEC?, ¿en qué ambiente aprenderlo?, ¿cómo motivar y mantener motivados a los usuarios del MEC? y ¿cómo saber que el aprendizaje se está logrando?.

Algunas *variables educativas* mencionadas por Galvis son: objetivo terminal (lo que se desea que se aprenda con el uso del material), aprendizajes prerrequeridos, contenidos y subobjetivos, adquisición de conocimientos, sistema de motivación, sistema de refuerzo y situaciones de evaluación.

6.1.2.2.2 Diseño de Comunicación

La zona de comunicación es la que maneja la interacción entre el usuario y el programa, es decir, la interfaz. En su diseño se especifica los dispositivos y eventos que comunicarán al programa las decisiones del usuario y su respuesta. En esta etapa se responden las preguntas: ¿qué dispositivos de entrada y salida conviene poner a disposición del usuario para que se intercomunique con el MEC?, ¿qué zonas de comunicación entre el usuario y programa conviene poner a disposición en y alrededor del micromundo seleccionado?, ¿qué características debe tener cada una de las zonas de comunicación? y ¿cómo verificar que la interfaz satisface los requisitos mínimos deseables?.

Algunas *variables de comunicación* a considerar son: dispositivos de entrada, dispositivos de salida, interfaz de entrada e interfaz de salida.

6.1.2.2.3 Diseño Computacional

Se refiere a la estructura lógica que comandará la interacción entre el usuario y el programa, dicha estructura deberá ser la base para formular el programa principal y cada uno de los procedimientos que requiere el MEC. El diseño computacional responde a: ¿qué funciones se requiere que cumpla el MEC para cada uno de los tipos de usuario?, para el módulo del profesor y para el módulo del estudiante; ¿qué estructura lógica comandará la acción y qué papel cumplen cada uno de sus componentes?, ¿qué estructuras lógicas subyacen a cada uno de los componentes de la estructura principal? y ¿qué estructuras de datos, en memoria principal, y en memoria secundaria, se necesitan para que funcione el MEC?.

Algunas *variables de computación* son las siguientes: funciones de apoyo al alumno, estructura lógica del módulo del estudiante, funciones de apoyo al profesor, estructura lógica del módulo del profesor, ayuda y archivos de datos.

6.1.2.3 Desarrollo

Después de un diseño debidamente documentado es posible llevar a cabo su implementación. Galvis propone que dependiendo de los recursos humanos y computacionales con que se cuente para el desarrollo, éste se puede efectuar siguiendo una de las siguientes estrategias, o la combinación de ambas:

- Si se cuenta con un grupo interdisciplinario, el desarrollo recaerá sobre el especialista en informática, pero contará con los demás miembros del grupo (educadores, diseñadores gráficos, entre otros) para consultar sobre la calidad de lo que se va haciendo.
- Cuando no hay un especialista en informática cabe considerarse dos alternativas: contratar la programación del diseño a un especialista en informática externo, o bien, intentar que los miembros del equipo se animen, aprendan a usar un lenguaje de programación de modo que ellos mismos elaboren el programa.

Galvis señala que independientemente de la estrategia que se utilice es fundamental que al desarrollador se le exija programar en forma estructurada y legible, así como documentar su trabajo, lo anterior permitirá adecuar el material a necesidades futuras. La documentación es de diferente índole:

- Dentro del programa, dando nombre significativo a los procedimientos.
- Un manual de usuario.
- Un manual para mantenimiento: el contexto y descripción general del programa, el sistema computarizado y librerías que se requieren para ajustarlo y ponerlo en operación, la estructura global del programa, la definición de variables, constantes, estructuras de datos y macroalgoritmos o estructura lógica.

6.1.2.4 Prueba Piloto

Con la prueba piloto se pretende ayudar a la depuración del MEC. Requiere preparación, administración y análisis de resultados en función de buscar evidencia para saber si el MEC está o no cumpliendo con la misión para la que fue desarrollado.

La prueba piloto incluye selección de la muestra, el diseño y prueba de los instrumentos de recolección de información y el entrenamiento de quienes van a administrar la prueba del material. Es necesario definir las condiciones de realización y su metodología.

Una forma de desarrollar la prueba piloto consiste en dejar a los usuarios interactuar con el material a su gusto, disponiendo del tiempo que requieran hasta que crean dominar los objetivos, posteriormente se les aplica una prueba para establecer cuanto aprendieron y en qué aspectos están fallando.

6.1.2.5 Prueba de Campo

La prueba de campo es mucho más general que la prueba piloto, consiste en determinar en la realidad, si aquello probado a nivel experimental sigue funcionando. Al igual que una prueba piloto la prueba de campo requiere: definir las condiciones necesarias para su aplicación, utilización del MEC por parte de la población objetivo (toda de ser posible) y, obtención y análisis de resultados.

Los resultados obtenidos se utilizan para la toma de decisiones sobre el MEC, pudiendo confirmarse si tal como está vale la pena, si requiere ajustes o se debe desechar.

6.2 Plataformas de Educación Virtual

6.2.1 E-learning

El e-learning es la utilización de Internet para revolucionar la manera mediante la cual la gente aprende. Es el nuevo concepto educativo que integra el uso de la tecnología y elementos didácticos, para lograr el diseño y evolución de cursos de capacitación y educación a distancia. La definición del término "e-learning" hace referencia, por una parte, al uso de tecnologías de Internet (e), y por otra, a una metodología de transmisión de conocimientos y desarrollo de habilidades centrada en el sujeto que aprende (learning), y no en el profesor que enseña (training).

E-learning engloba el desarrollo de cursos de educación y capacitación vía Internet, Intranet y CD-ROM con contenidos diversos, de acuerdo a los requerimientos específicos de cada individuo y cada organización.



El e-learning reemplaza las limitaciones de los salones de clases comunes facilitándose así una educación continua la cual hoy día forma parte rutinaria de la vida. Implica la enseñanza a distancia caracterizada por una separación física entre profesorado y alumnado -sin excluir encuentros físicos puntuales-, entre los que predomina una comunicación de doble vía asíncrona donde se usa preferentemente

Internet como medio de comunicación y de distribución del conocimiento, de tal manera que el alumno es el centro de una formación independiente y flexible, al tener que gestionar su propio aprendizaje, generalmente con ayuda de tutores externos.

Aunque el término más utilizado es e-learning, existen otros términos que significan prácticamente lo mismo: formación on-line, educación virtual, teleformación, etc. En el ámbito universitario, el e-learning está asociado al concepto de "*campus virtual*", este puede ser definido como "*una red que utiliza una tecnología digital como medio de conexión entre todos los miembros y servicios de una comunidad universitaria*". En la mayor parte de los casos, pero no en todos, la principal tecnología utilizada es la telemática, es decir, una mezcla de informática y de telecomunicaciones, y por esta razón se acostumbra considerar que un campus virtual es un caso particular de una intranet educativa.

6.2.2 Entornos Virtuales de Aprendizaje

Un entorno virtual de enseñanza/aprendizaje es una aplicación informática diseñada para facilitar la comunicación pedagógica entre los participantes en un proceso educativo, sea éste completamente a distancia, presencial, o de una naturaleza mixta que combine ambas modalidades en diversas proporciones. Sirve para distribuir materiales educativos en formato digital (textos, imágenes, audio, simulaciones, juegos, etc.) y acceder a ellos, para realizar debates y discusiones en línea sobre aspectos del programa del curso, para integrar contenidos relevantes de la red o para posibilitar la participación de expertos o profesionales externos en los debates o charlas.



Alvarez Roger (2002) afirma que: *“la educación virtual enmarca la utilización de las nuevas tecnologías, hacia el desarrollo de metodologías y alternativas para el aprendizaje de alumnos de poblaciones que están limitadas por su ubicación geográfica, la calidad de docencia y el tiempo disponible”*.

Los principios de la educación virtual con los que se debe fundamentar la enseñanza son:

- Interactividad: los usuarios pueden adoptar un papel activo en relación al ritmo de su aprendizaje.
- Multimedia: se incorpora textos, imágenes fijas, animaciones, videos, sonidos.
- Innovación: permite una actualización de los contenidos y las actividades de forma permanente, algo que los libros de textos no poseen.
- Medios sincrónicos y asincrónicos: los alumnos pueden participar en las tareas y actividades en el mismo momento independientemente y en cualquier lugar (sincrónico). O bien, la realización del trabajo y estudio individual en el tiempo particular de cada alumno (asincrónico).
- Accesibilidad: no existen limitaciones geográficas ya que utiliza todas las potencialidades de la red Internet, de manera que los mercados de formación son abiertos.
- Seguimiento: permite el control del trabajo y actividad de los alumnos.
- Comunicación horizontal: entre los alumnos, ya que la colaboración y el trabajo en equipo, son parte de las técnicas de formación.

En un entorno virtual de aprendizaje se combinan distintos tipos de herramientas, algunas de ellas son:

- Herramientas de comunicación sincrónica (chat) y asíncrona (foros).
- Herramientas para la gestión de los materiales de aprendizaje.
- Herramientas para la gestión de las personas participantes, incluidos sistemas de seguimiento y evaluación del progreso de los estudiantes.

La adopción de un entorno virtual de aprendizaje no garantiza la mejora de la calidad de la enseñanza, ya que además de la incorporación de adecuados recursos tecnológicos, deben añadirse planes de desarrollo profesional en estrategias didácticas y tecnologías de información, medidas de apoyo a la innovación educativa y a la generalización de buenas prácticas, estímulos a la producción y distribución de materiales formativos de calidad, planes para promover el aumento de la calidad de la comunicación entre profesores y estudiantes en la función tutorial, entre otros aspectos. Por tanto, hay que enmarcar esta iniciativa tecnológica en un proyecto global que tenga en cuenta la totalidad de los factores organizativos, personales y materiales, y en el que participen coordinadamente todas las instancias de la institución con responsabilidades en dichas áreas.

6.2.3 Plataformas

Las tecnologías informáticas que se utilizan en los procesos de la enseñanza y el aprendizaje e-learning, se denominan *plataformas*. Estas son aquellas herramientas que combinan hardware y software para ofrecer todas las prestaciones necesarias para la formación basada en la Red.

La enseñanza virtual se lleva a cabo a través de estas plataformas, las cuales no son otra cosa que un paquete integrado de software alojado en un servidor al cual se accede desde los navegadores de

Internet convencionales, sin que el usuario deba instalar en su ordenador ningún programa, y que incluyen todas las herramientas necesarias para ofrecer cursos a través de Internet o de una Intranet.

Es un hecho que cada vez más las empresas y las instituciones educativas, están implementando su propia plataforma virtual, adecuándola a sus necesidades concretas. En ocasiones se basan en plataformas existentes en el mercado tales como: Learning Space, Microc@mpus, Moodles y Blackboard.

En relación con los estándares de desarrollo de plataformas y contenidos, hoy por hoy no hay ninguno definitivamente establecido. Sí existen especificaciones de diferentes organizaciones que están trabajando por definir unos estándares para asegurar la interoperabilidad de los distintos sistemas, y la reusabilidad de los contenidos en distintas plataformas de e-learning. Estas especificaciones no dejan de ser recomendaciones, que por el momento la industria trata de seguir. Entre ellas cabe citar las siguientes:

- AICC (Aviation Industry Computer Based Training Committe)
- LTSC (Learning Technology Standards Committe) del IEEE: Norma ISO
- IMS (Instructional Management System Global Learning Consortium): lenguaje XML
- ADL (Advanced Distributed Learning): modelo SCORM Microsoft: LRN

6.2.4 Papel del Profesor Virtual

Josep María Bricall, Rector de la Universidad de Barcelona, afirma: *“la introducción de las nuevas tecnologías en la educación no supone la desaparición del profesor, aunque obliga a establecer un nuevo equilibrio en sus funciones”* (2004).

Sandra Asencio (2003), sistematiza las características de un educador virtual de la siguiente manera:

- Debe ser una persona interesada en las posibilidades de las nuevas tecnologías.
- Con voluntad de aprendizaje, reciclaje, superación continua y con ganas de enseñar.
- Capaz de plantear nuevas formas de enseñar en la interacción del conocimiento.
- Debe ofrecer mayor tiempo para reflexionar y las clases virtuales deberán ser concretas y eficaces.
- No enfatiza en el papel de emisor, sino de tutor en el proceso de enseñanza.
- Se dedica a orientar y enseñar de modo personalizado.
- Se ajusta al ritmo de aprendizaje de cada estudiante.
- Se actualiza y cambia constantemente el contenido y los materiales.
- Transforma los libros, apuntes, revistas a un formato de red digital.
- Aprovecha al máximo las posibilidades de la red (foros, e-mail, bibliotecas virtuales, videoconferencias, etc.).
- Tiene proyecciones y actualización de conocimientos continuos y permanentes.



Una visión de futuro ha de centrarse en garantizar la accesibilidad a la formación de todas las personas, velar por la estructuración de modelos formativos innovadores que se adecuen a la manera de aprender y a las necesidades de los estudiantes actuales. Bajo esta perspectiva, las plataformas de aprendizaje virtual se enmarcan en este nuevo concepto de Universidad, tratando de aprovechar todas las potencialidades brindadas por la red de redes Internet en el campo educativo.

7. Matemática Asistida por Computadora en la Educación Superior

La utilización de materiales educativos computarizados y plataformas virtuales como un recurso para apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje de la matemática, se ha convertido en una necesidad y constituye una respuesta a la problemática que gira en torno de la comprensión cognoscitiva de conceptos y nociones matemáticas en los salones de clase.

Las razones de esta crisis obedece a diversos factores; a este respecto el actual director de la Escuela de Matemática del Instituto Tecnológico de Costa Rica M.Sc. Alcides Astorga plantea en el artículo Enseñanza de la matemática asistida por computadora experiencia en el Instituto Tecnológico de Costa Rica: *“para muchos estudiosos el problema radica en que los métodos de enseñanza son obsoletos, lo cual hace que el proceso pedagógico sea aburrido y poco estimulante”* (1999 : 198).



La evolución tecnológica en las últimas décadas, está dotando tanto a profesores como a estudiantes, de nuevas herramientas que enriquecen con su uso sistemático y adecuado, a los procesos pedagógicos. Como resultado de estos cambios, muchos investigadores y docentes a nivel universitario, han realizado estudios y publicado libros relacionados con la utilidad de diversos programas específicos para la enseñanza de la matemática dirigida a estudiantes de ingeniería, enseñanza de la matemática, matemática pura y aplicada. El profesor José Cuevas del Departamento de Ciencias de de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas y los profesores Manuel Álvarez e Iván Valido del Departamento de Matemática de ISPJAE en la Habana Cuba, opinan en el artículo Curso de ecuaciones diferenciales asistido por computadora en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, lo siguiente: *“las transformaciones en la esfera científico técnica que la humanidad ha experimentado en las últimas décadas constituyen un reto para la pedagogía de las matemáticas en el nivel universitario, se imponen transformaciones en los métodos y medios de enseñanza que tradicionalmente se han venido empleando ... la computadora se ha insertado al proceso de enseñanza y aprendizaje para enriquecerlo, su uso adecuado incrementará la eficiencia y calidad del mismo”* (1999 : 271).

Desde esta perspectiva, se identifica una necesidad de cambio con relación a las metodologías que tradicionalmente han caracterizado la enseñanza de la matemática en las instituciones de enseñanza superior. La matemática asistida por computadora se basa fundamentalmente en sesiones de aprendizaje que utilizan el método del laboratorio, complementado con el trabajo de equipo, en un ambiente de aprendizaje caracterizado por la exploración, el descubrimiento, el planteamiento de conjeturas y la comprobación de resultados.

Los programas computacionales más utilizados con estos fines pedagógicos, son el *Matlab*, el *Derive* y *Mathematica*. Estos paquetes son de gran utilidad para explicar al estudiante diversos conceptos

relacionados con distintas áreas disciplinarias, tales como: matemática elemental, cálculo diferencial e integral, álgebra lineal, ecuaciones diferenciales, métodos numéricos, entre otras.



Las experiencias en diversas universidades tanto a nivel nacional como internacional con relación al uso de estos u otros paquetes, han sido muy diversas, por ejemplo entre los años 1992 y 1997 la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, en coordinación con la Universidad de Massachussets Dartmouth, auspició un proyecto de investigación denominado “*ATLAS (Augment the Teaching of Linear Algebra through the use of Software Tools)*”, el proyecto consistió en la realización de una serie de talleres en trece distintas regiones en los Estados Unidos, que involucraron a 450 facultades de distintas universidades. Durante los talleres los participantes diseñaron ejercicios y proyectos para computadora relacionados con un curso de Álgebra Lineal. Producto de este trabajo colectivo resultó el libro *ATLAS Computer Exercises for Linear Algebra*.

En la Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra en Bolivia, la profesora Ma. Isabel Bueno realizó una propuesta metodológica para la enseñanza del álgebra lineal con *Matlab*, dirigida a estudiantes de carreras en el área empresarial, dentro de los resultados obtenidos se concluyeron los siguientes aspectos (1999 : 69):

- El 100% de los estudiantes opinó que el uso de la computadora le ayudó a mejorar su motivación por la materia.
- El 100% de los estudiantes recomendó que se siga empleando la metodología en los siguientes semestres.
- El 83% estimó que el uso de la computadora hizo más divertida la materia.
- El 67% estimó que le ayudó a aprender mejor los conceptos.
- El 83% opinó que el uso de la computadora le ayudó a no abandonar la materia.
- El 100% indicó que el uso de la computadora le ayudó a resolver problemas de un modo más eficiente.

En la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas se diseñó un curso de Ecuaciones Diferenciales básico asistido por computadora, utilizando como apoyo el programa *Derive*. El proyecto consistió en incorporar al curso mediante el software; el desarrollo de habilidades de realización y cálculo de determinadas operaciones mediante el empleo de *Derive*.

En el año 2001 los autores E. Checa y A. Márquez publicaron el libro *Álgebra lineal numérica: teoría y prácticas con Mathematica* donde presentan un material de apoyo combinando la teoría con problemas resueltos con software matemático; en particular *Mathematica*. Uno de los objetivos de aprendizaje del libro es que el estudiante sepa tratar y resolver los problemas que se le plantean desarrollando algoritmos y programas que le lleven a la obtención de resultados numéricos. También se busca que los estudiantes sepan combinar algoritmos y programas que no son propios con otros originales.



El software *Mathematica* es una herramienta informática muy poderosa, y una excelente opción para implementar laboratorios de matemática asistida por computadora, en muy diversas áreas. El profesor M.Sc. Juan

Felix Ávila Herrera de la Escuela de Informática de la Universidad Nacional, opina a este respecto en su artículo Conjeturas con *Mathematica*, lo siguiente: “desde 1988 *Mathematica* se convirtió en uno de los mejores (probablemente el mejor) ambiente completamente integrado para realizar computación técnica, marcando un hito en esta área. Una de las grandes ventajas de *Mathematica* estriba en la integración de tareas específicas como análisis numérico, álgebra lineal y graficación mediante un lenguaje simbólico de fácil manipulación. *Mathematica* ha servido también de plataforma para el desarrollo de software educativo en muchos cursos en primaria, secundaria y universidad”.

El profesor Carlos Arce de la Escuela de Matemática de la Universidad de Costa Rica, ha trabajado desde la década del 90 con el software *Mathematica* para impartir los cursos MA0429: Matemática para Computación IV y MA0275: Álgebra Lineal. Como resultado de este trabajo publicó el libro *Álgebra Lineal* mediante la Editorial de la Universidad de Costa Rica junto a sus colegas William Castillo y Jorge González. El libro expone la teoría y los ejercicios de un primer curso en esta área de conocimiento y han complementado su uso mediante una serie de prácticas con ejercicios resueltos utilizando *Mathematica*, publicados en la dirección electrónica: <http://maltsev.emate.ucr.ac.cr/~carce/>.

La Escuela de Matemática del Instituto Tecnológico de Costa Rica ha desarrollado una serie de cursos virtuales, donde destaca en particular el curso de Cálculo Superior. Como resultado de este proceso se ha diseñado una plataforma de educación virtual con materiales didácticos elaborados utilizando *WebMathematica*. También desde el año 2001 la Escuela publica periódicamente una revista en línea denominada Revista Virtual, Educación e Internet avalada por el Consejo Editorial del TEC, donde se presentan artículos, enlaces y software gratuito, relacionado con la enseñanza de la matemática asistida por computadora.



Cabe destacar el esfuerzo que ha realizado la Escuela de Informática de la Universidad Nacional, planteándose el gran reto de promover una transformación curricular en la cuál los cursos de matemática impartidos a los estudiantes de las carreras Ingeniería en Informática e Informática Educativa, tendrán a partir del presente año un enfoque innovador, adaptado a las necesidades y el perfil de esta unidad académica. La propuesta se fundamenta en impartir los cursos de Matemática I, Matemática II y Matemática III para Informática, utilizando como apoyo el software *Mathematica*. Lo anterior resulta ser muy revolucionario, si se piensa en la forma en como durante décadas los docentes encargados de impartir este tipo de cursos en la universidad; lo han hecho, utilizando tradicionalmente la clase magistral y pocos recursos didácticos. En un esfuerzo preliminar, la Escuela de Informática de la Universidad Nacional aprobó en Consejo de Escuela, la actividad de investigación en docencia denominada: “Guía Didáctica para Enseñar Matemática con apoyo de Software”, mediante la cuál actualmente se han desarrollado tres guías didácticas para los cursos de Matemática para Informática I, II y III. La idea principal es proporcionar a los docentes un medio que les permita conocer cómo pueden desarrollar los temas de cada curso, utilizando el software *Mathematica*. Las guías representan un buen esfuerzo inicial por definir con claridad una estrategia didáctica para la enseñanza de la matemática asistida por computadora.



Las principales instituciones estatales de enseñanza superior en nuestro país, han reconocido la necesidad de un nuevo tipo de Universidad, aquí he señalado diversos estudios y proyectos circunscritos en el área particular de la enseñanza de la matemática asistida por computadora, sin embargo, también se podrían recalcar otros proyectos de TI más generales, sobre todo en el ámbito de las plataformas virtuales. La UNED por ejemplo, utiliza actualmente para impartir cursos en diversas carreras de grado y posgrado una plataforma denominada Microc@mpus, un proyecto de tecnología de la información y comunicación que ha buscado incorporar las tecnologías relacionadas con el aprendizaje

virtual, dentro del marco de un nuevo paradigma de universidad, impulsado por las exigencias tecnológicas y competitivas del mundo globalizado, y la sociedad de la comunicación y la información.

También se podría mencionar el uso de otras plataformas como Moodle y Blackboard por parte del CINPE y la MATIE en la Universidad Nacional. Indudablemente el interés por la incorporación de las TIC's en el campo educativo, actualmente cobra un papel de privilegio en los planes de acción de los centros de enseñanza superior, aún estamos en pañales, y es natural cuestionar ¿a dónde nos conducirá este proceso?, la respuesta es incierta, lo importante es definir marcos de acción donde las tecnologías digitales se tornen invisibles dentro de los procesos de la enseñanza y el aprendizaje, a este respecto finalizo con una frase tomada del libro *Tecnología Invisible Aprendizaje Visible* del Dr. Jaime Sánchez Ilabaca (2004): "*No todas las tecnologías tienen un efecto significativo en el aprender, cada tecnología tiene su función, su espacio, sus ventajas y sus desventajas en la construcción del aprender. Una adecuada integración curricular de la tecnología se logra cuando éstas se tornan invisibles, salen del centro y se mueven a la periferia. Las tecnologías son invisibles cuando el aprendiz y el profesor las usan sin saber que existen, de modo que su mente y hacer están centrados en la tarea, la construcción y el aprender*".

8. Conclusiones

Las tecnologías de la información y la comunicación, indudablemente han impactado las instituciones de enseñanza superior a nivel mundial, obligando en muchos casos a estos centros de enseñanza, a replantearse el concepto de Universidad en el contexto de una sociedad distinta; la sociedad de la información.

Este impacto ha traído a colisión los métodos tradicionales de enseñanza con todas las potencialidades brindadas por las nuevas tecnologías digitales, a tal punto, que actualmente muchos investigadores han vislumbrado en ellas, los medios ineludibles para poder superar problemas culturales y cognoscitivos relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. La integración de materiales educativos computarizados o plataformas de enseñanza virtual en el currículum escolar, se está convirtiendo en una necesidad, en una respuesta para solventar la crisis que de acuerdo a Papert (1992) podríamos llamar *matemafobia*.

El uso de las tecnologías de la información y la comunicación para apoyar procesos de enseñanza y aprendizaje de la matemática, ha abierto una nueva área de investigación; la matemática asistida por computadora. El diseño de ambientes informatizados ricos en interactividad, exploración y recursos multimediales, caracterizados por una manipulación simbólica y representaciones múltiples de un concepto matemático, son hoy por hoy la carta de presentación que invita a los docentes universitarios, a asumir el importante reto de propiciar la enseñanza y el aprendizaje de nociones y conceptos matemáticos, más significativos. La resolución de problemas y el desarrollo intrínseco que implica en habilidades y destrezas de pensamiento, podría ser el punto de partida para la formación de futuras generaciones capaces de propiciar el desarrollo nacional en ámbitos vitales, tales como: el medio ambiente, la economía y los valores socioculturales.

9. Bibliografía

Ashby, E. (1969). *Technology and the Academics*. Inglaterra: MACMILLAN & CO LTD.

Arce, C. (1997). Reglas de Reescritura para Ecuaciones de Superficies Cuadráticas con *Mathematica*. *Memorias del V Encuentro Centroamericano de Investigadores en Matemática*, 1(1), 105-113.

Arce, C. (2001). *Ejercicios Resueltos y Exámenes de Álgebra Lineal*. San José: Editorial de la

Universidad de Costa Rica.

Arce, C., Castillo, W. y González, J. (2004). Álgebra Lineal. San José: Editorial de la Universidad de Costa Rica.

Arce, C. (2004, agosto 1). Materiales para los Cursos MA0429 y MA0275. [En línea]. <<http://maltsev.emate.ucr.ac.cr/~carce/>> [2005, febrero 7].

Area, M. (2000). Redes multimedia y diseños virtuales. Actas del III Congreso Internacional de Comunicación, Tecnología y Educación de la Universidad de Oviedo, 1(1), 128-135.

Arias, L. (1998). Tesis: Software Educativo para Álgebra Elemental; Operaciones con Polinomios. Universidad nacional.

Astorga, A. y Sánchez, A. (1999). Enseñanza de la Matemática Asistida por Computadora: Experiencia del Instituto Tecnológico de Costa Rica. *Memorias del Primer Congreso Internacional de Enseñanza de la Matemática Asistida por Computadora*, 1(1), 197-206.

Ávila, J. (1999). Conjeturas con *Mathematica*. *Memorias del Primer Congreso Internacional de Enseñanza de la Matemática Asistida por Computadora*, 1(1), 124-130.

Bartolomé, A. (1996). Preparando para un Nuevo Modo de Conocer. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 1(4), 1-15.

Bemardini, A. (1984). Reflexiones Sobre el Modelo Educativo Costarricense. *Revista Tiempo Actual*, 3(3), 19-32.

Briones, L. (2002). Demandas de la Sociedad del Conocimiento a la Gestión del Currículum Escolar. *Revista Digital Umbral 2000*, 1(10), 1-23.

Bonilla, L. (1999). Desarrollo del Pensamiento Lógico. *Memorias del I Congreso Internacional de Matemática Asistida por Computadora*, 1(1), 239-247.

Bueno, M. (1999). Aprendiendo Álgebra Lineal con *Matlab*, una Experiencia Didáctica. *Memorias del Primer Congreso Internacional de Enseñanza de la Matemática Asistida por Computadora*, 1(1), 60-71.

Dirr, P. (2004). Desarrollo Social y Educativo con las Nuevas Tecnologías. *Nuevas Tecnologías y Educación*, 1(1), 70-84.

Cuevas, J., Álvarez, M. y Valido, I. (1999). Curso de Ecuaciones Diferenciales Asistido por Computadoras en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. *Memorias del Primer Congreso Internacional de Enseñanza de la Matemática Asistida por Computadora*, 1(1), 270-272.

Doryan, E. (1995). Una Propuesta de un Proyecto Educativo Nacional Hacia el año 2005. Costa Rica: Ministerio de Educación Pública.

Dorrego, E. (2004). Transformación de la Educación Superior en América Latina. *Nuevas Tecnologías y Educación*, 1(1), 125-127.

Duart, J. (2000). Aprender en la Virtualidad. España: Universidad de Barcelona.

E, Checa y Márquez, A. (2001). Algebra Lineal Numérica: Teoría y Práctica con *Mathematica*. España: Universidad Politécnica de Valencia.

Galvis, A. (1992). Ingeniería de Software Educativo. Colombia: Ediciones Uniandes. González, F. (1986). Educación Costarricense. Costa Rica: EUNED. Grossman, S. (1996). Álgebra Lineal. México: McGraw-Hill

Guadamuz, L. y Vega, L. (1988). Categorías de Análisis y Marco General de Evaluación para "Software" Educativo. San José: EUNA.

Gutiérrez, C. y Castro, M. (1990) La Sociedad Computarizada. Costa Rica: EUNED.

Hough, D. (1997). Mathematics with Maple. New York: Addison-Wesley.

Kolman, B. (1999). Álgebra Lineal con Aplicaciones y *Matlab*. México: Pearson.

Méndez, C. (s.a.). Educación y Desarrollo: una Relación Dialéctica. Costa Rica: Universidad

Nacional (Centro de investigación y docencia en educación).

Meza, L., Garita, G. y Villalobos, L. (2001). Estrategias Didácticas para Desarrollar Procesos de Enseñanza y Aprendizaje de la Matemática Asistidos por Computadora. *Memorias del II Congreso Internacional de Matemática Asistida por Computadora*, 1(1), 84-96.

Meza, L. (2000). Consideraciones sobre Metodología de la Enseñanza de la Matemática. *Memorias del Segundo Festival de Matemáticas*, 1(1), 129-136.

Meza, L. (2001). Elementos para Enseñar Matemática. Costa Rica: Editorial del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Meza, L. (1999). ¿Para qué Enseñamos Matemática en el Colegio?. *Memorias del I Congreso Internacional de Matemática Asistida por Computadora*, 1(1), 300-307.

Meza, L. (1998). ¿Sirve la matemática para Tomar Decisiones?. *Memorias del I Festival de Matemática*, 1(1), 130-141.

Moreira, M. (2004, enero 1). Universidad Nacional. [En línea]. <<http://www.una.ac.cr/index.html>> [2005, febrero 13].

Murillo, C. (1995). Ensayos sobre Desarrollo. Costa Rica: EFUNA.

Lehmann, M. (1992). Exploring Calculus with Mathematics. New York: Addison-Wesley.

León, S., Herman, E. y Faulkenberry, R. (1997). ATLAST Computer Exercises for Linear Algebra. New York: Prentice-Hall.

Paniagua, M. (1998). La Enseñanza de la Matemática Mediante el Desarrollo de las Destrezas del Pensamiento. *Memorias del I Festival de Matemática*, 1(1), 185-195.

Papa, F. (1979). Tecnología y Desarrollo. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Pérez, C. (2002). La Universidad en el Nuevo Paradigma: Formar para la Vida en la Sociedad del Conocimiento. [En línea]. <<http://www.carlotaperez.org/portada.htm>> [2005, febrero 19].

Pérez, M. (2002). Un Nuevo Currículum para la Sociedad del Conocimiento. España: Universidad Complutense de Madrid.

Peters, O. (s.f). Educación a Distancia en Transición: Nuevas Tendencias y Desafíos. Alemania: FernUniversität.

Piaget y otros. (1971). La Enseñanza de las Matemáticas. Madrid: Editorial Aguilar.

Pons, J. (2004). La Formación Superior y el Reto de las Nuevas Tecnologías de la Información. *Nuevas Tecnologías y Educación*, 1(1), 119-123.

Sánchez, J. (1995). Informática Educativa. Chile: Editorial Universitaria.

Sánchez, J. (2004). Aprendizaje Visible, Tecnología Invisible. Chile.

Salinas, J. (2004). Educación Superior y Tecnología Digital. *Nuevas Tecnologías y Educación*, 1(1), 113-118.

Silvio, J. (2004). ¿Cómo Transformar la Educación Superior con la Tecnología Digital?. *Nuevas Tecnologías y Educación*, 1(1), 93-112.

Squires, D. y McDougall, A. (1994). Cómo Elegir y Utilizar Software Educativo. Madrid: Morata.

Shuchat, A. (2000). The Joy of Mathematics. New York: Harcourt Academic Press.

Wicks, J. (1996). Linear Algebra with Mathematics. New York: Addison-Wesley.

Tickton, S. (1974). La Educación en la Era Tecnológica. Buenos Aires: BOWKER.

Tsiji, T. (1998). Enseñar a Pensar. *Memorias del I Festival de Matemática*, 1(1), 210-219

Toranzos, F. (1963) Enseñanza de la Matemática. Argentina: Editorial Kapelusz.

Notas.

Notas.

[3] Tecnologías de la información y la comunicación.

[4] Sistemas caracterizados por la integración de medios y por la interactividad o interacción entre sujeto máquina. Tienen ventajas didácticas en comparación con películas o presentaciones; los usuarios influyen en el comportamiento del programa.

[5]

[6] Fuente: libro Ingeniería de Software Educativo de Alvaro Galvis, página 70.