

Digitalización y Tecnología Educativa (Digitalization and Educational Technology)

Lluís Ballester Brage¹ & Antoni J. Colom Cañellas²

Department de Pedagogia i Didàctiques Específiques, Universitat de les Illes Balears

Resumo

Neste artigo é feita uma abordagem relativa ao que pode realmente ser denominado de pedagogia digital, avançando de seguida para a análise de algumas das suas contribuições, como a que é agora a lógica difusa, a base matemática da digitalização e também uma grande parte da informática. Começando por aqui, estudamos os factores ou características determinantes deste tipo de pedagogia, tal como os sistemas especializados, os mundos virtuais, a complexidade, a reestruturação cognitiva, a tecnocultura, a inovação do conhecimento e, em resumo, o novo conceito de conhecimento. Finalmente, são analisadas algumas das estratégias típicas da pedagogia digital.

Palavras-chave: Pedagogia digital, sistemas especializados e educação, lógica difusa e educação, virtualidade e educação.

1. Introducción

Antes de hablar del mundo digital cabe introducir un concepto previo y básico. Nos referimos a “discreto”, que de hecho es el antónimo de “continuo”; es decir, un sistema discreto es un sistema con un proceso finito de estados, o si se quiere y en otro sentido, es un sistema que cuenta con un número finito -y por tanto reconocido- de elementos separados y diversos. En consecuencia lo discreto siempre se asocia a magnitudes -estados o elementos- definibles y por tanto contabilizables.

Iniciamos de esta forma nuestra aportación porque lo digital es o se refiere siempre a una o aun conjunto de informaciones que está retraducida a un código numérico -dígitos - discreto, o sea, de secuencias y elementos limitados. Es pues a esta retraducción a lo que se denomina digitalización.

1 Correo electrónico: lluis.ballester@uib.eu

2 Correo electrónico: antoni.colom@uib.eu

Puede decirse que el mundo de lo digital solo se entiende en tanto que alternativa superadora de las realidades analógicas. Un sistema analógico es aquel que representa la realidad –así como la información acerca de esta realidad- de forma real o directa, es decir, con todas sus fluctuaciones y sin realizar proceso alguno de retraducción. En el fondo, la digitalización supone la realización de un fenómeno abstracto expresado de forma numérica, mientras que la analogía estriba en representar la realidad sin ningún tipo de retraducción. Por tanto, lo analógico proyecta una función o señal de forma continua, o sea de forma totalmente distinta a la señal digital.

Se dice que siempre el nivel de calidad representado es mayor en los artefactos analógicos si bien la digitalización –al cerrar el sistema de forma discreta- permite la manipulación de la información así como su almacenamiento en la memoria de los ordenadores. Por eso mismo su única posibilidad de procesar, por ejemplo, una señal eléctrica que varíe constantemente –música, micrófono, electroencefalograma, imágenes...etc- a fin de que pueda retenerla y archivarla en su memoria es digitalizarla previamente, es decir, retraduciendo lo continuo a un sistema discreto –numérico y definido- y por tanto limitado. Lo que, como decimos, facilita la manipulación y uso de cualquier información.

Tanto lo analógico como lo digital se constituyen en los diversos artefactos a través de la corriente eléctrica, o si se quiere a través de la electrónica que no es más que el estudio de la producción, distribución y aplicaciones de tales tipos de corrientes. Por tanto, y en este sentido, lo digital forma parte de la electrónica al ser una forma de distribución y aplicación de la información –mediante sistemas discretos- a través de corrientes eléctricas.

Pues bien llegado que hemos a este punto puede decirse ahora que todos los sistemas que se utilizan en educación a través de procesos eléctricos formarían parte de lo que bien podría denominarse Pedagogía electrónica, o valoración educativa en cuanto a objetivos, procesos y resultados de la utilización de aparatos electrónicos en los procesos formativos –actitudinales, por ejemplo- así como en los procesos de enseñanza-aprendizaje. En este contexto lo digital se conformaría como el último capítulo de la pedagogía electrónica en cuanto los artefactos digitales también entran a formar parte en los procesos formativos y de aprendizaje en contextos educacionales. Una estructura pedagógica de la digitalización supondría a nuestro entender plantear tres niveles de conocimiento tecnológico, o mejor dicho, referido a las nuevas tecnologías. Serían los siguientes:

- *conocimientos pedagógicos necesarios para aprender (sobre) las nuevas tecnologías; entrarían a formar parte de este nivel los conocimientos necesarios para manejar y*

conocer los mecanismos de funcionamiento de estos nuevos medios. Se integrarían aquí pues los simples y mínimos conocimientos que un niño requiere para trabajar con las nuevas tecnologías, o la pedagogía y didáctica que explicitase los contenidos propios de la ingeniería informática, o de la creación de sistemas expertos, por ejemplo.

- *Conocimientos pedagógicos necesarios para aprender a partir de las nuevas tecnologías. En este caso las NNTT se convertirían en un instrumento auxiliar, o si se quiere, en un medio más que el alumno puede utilizar para cumplimentar sus niveles de aprendizaje. En este caso, junto con el libro, el trabajo en grupo, la consulta bibliográfica y la utilización parcial de las nuevas tecnologías, por configurar una situación posible de aprendizaje sería un ejemplo de esta segunda posibilidad.*
- *Conocimientos pedagógicos necesarios para aprender con las nuevas tecnologías, o situación propia de la Pedagogía digitalizada, ya que aquí las nuevas tecnologías se nos evidencian como el único procedimiento de aprendizaje.*

2. La paradoja de la digitalización.

En el fondo la digitalización es un lenguaje de representación adecuado a los objetos que se estudian y analizan. Lo curioso del caso es que, tal como dijimos, lo digital forma parte de seriaciones finitas y definidas aunque sin embargo su presentación –por ejemplo en formas de lenguajes informáticos– se acostumbra a realizar mediante estrategias indefinidas, siendo acaso una de las más importantes la denominada *lógica difusa* (L. Ballester y A. J. Colom, 2006). Puede decirse entonces que uno de los soportes básicos de la digitalización es precisamente la lógica difusa de tal manera que la funcionalidad de un sistema finito y definido se realiza a través de estrategias infinitas e indefinidas. No se puede pues profundizar en la Pedagogía de la Digitalización sin entender el papel que juega en ella este tipo de lógica.

El origen de la lógica difusa, o borrosa-*fuzzy set*, en inglés– se encuentra en la obra de Lofti Zadeh (1965), cuando en la Universidad de Berkeley (California), aplicó la lógica multievaluada de J. Lukasiewicz (definida en la década de los años 20) a la teoría de conjuntos. Con ello pudo desarrollar una lógica que a diferencia de la propia de Boole contemplaba no sólo las opciones de verdadero y falso sino las múltiples variables de respuesta que se encuentran entre ambas.

Así pues podemos decir de principio que la lógica difusa o borrosa es una alternativa a la lógica basada en conjuntos discretos que pretende saber si alguien o algo forma parte o no de un conjunto determinado según cumpla determinadas condiciones –un alumno es retrasado o no– mientras que, por el contrario, en la lógica difusa, se des-

cubren grados diversos de pertenencia y no adscripciones basadas en todo o nada. De ahí que de forma contundente haya sido definida como un modo de razonamiento que aplica valores múltiples de verdad o confianza a las categorías restrictivas durante la resolución de problemas, (G. Klir, U. ST Clair y B. Yuan, 1997; J. Mendel 2000). Lo importante de la cuestión es que en el marco de la lógica difusa no se rechaza la lógica discreta sino que se la considera uno de los casos posibles, de tal manera que la lógica discreta se podría entender como un caso particular de la lógica difusa, exactamente aquellos casos en que las adscripciones a la verdad y a la falsedad fuesen absolutas, (por ejemplo: haber conseguido un título académico; haber resuelto un problema matemático); sin embargo, en los procesos educativos, no todas las realidades son de este tipo. Como dice Trillas, la lógica tradicional, desde Boole hasta ahora, “es un importante depósito a utilizar a lo largo de un camino que tiene al fondo, junto al problema de ‘clasificar’, el de ‘evaluar’ (1980, 73). Queremos decir, con esto, que los procesos educativos no siempre son discretos pues pueden darse otras muchas posibilidades reales que hoy en día no se tienen en cuenta, o que se aplican falsamente a categorías discretas. Esto es lo que por lo general ha realizado la Teoría de la Educación, a saber, buscar fórmulas arbitrarias y artificiales de definir discretamente situaciones educativas (por ejemplo, medir ciertas actitudes para considerar que un alumno ha integrado los valores de la educación ambiental; definir objetivos para reconocer que un alumno sabe una materia). Sin embargo, estamos una vez más ante un reduccionismo que no se ajusta a la verdad; pues bien, creemos que la lógica difusa puede coadyuvar a plantear un lenguaje de representación que sea más fiel a la realidad que se pretende estudiar.

La educación, por compleja, es incierta, y la lógica difusa, es, paralelamente, una estrategia para abordar los problemas de incertidumbre. Incluso en las evaluaciones educativas –que pretenden afinar los niveles de certidumbre discriminando positiva o negativamente al alumno, a un centro o aun profesor, pongamos por caso- nos encontramos con los denominados cuantificadores borrosos. Por ejemplo en las evaluaciones y en otras aplicaciones flexibles de los conceptos se introduce en las proposiciones términos imprecisos que de hecho impiden el razonamiento típico de la lógica discreta –normalmente, en general, probablemente, avanza adecuadamente, necesita mejorar...etc- por lo que la propia teoría educativa cae en contradicción con sus propios planteamientos teóricos. Es decir, los cuantificadores borrosos son proposiciones que no se pueden considerar axiomas y por tanto impiden –no permiten- la derivación de otras proposiciones.

Es necesario que de una vez por todas la teoría educativa se de cuenta de que en muchas de sus cuestiones –diagnósticos educativos, sociales, evaluaciones...etc- no

es posible razonar y definir de acuerdo a la lógica tradicional –lógica de predicados y lógica polivalente- ya que trata por lo general de razonamientos aproximados en los que, en determinado momento del razonamiento, se decide, por aproximación, la adscripción a uno u otro conjunto. Pues bien, la lógica difusa incide exactamente en tal cuestión al estar capacitada para abordar razonamientos sobre cuestiones indefinidas. Así como entre el 1 y el 2 encontramos el 1.1, 1.2, 1.3 y entre el 1.1. y el 1.2 se da el 1.11, 1.12, 1.13...siguiendo con tal razonamiento no hay duda que podríamos encontrar espacios borrosos entre dos expresiones numerales continuadas; pues bien, asimismo cabe decir que en casi todos los procesos educativos se dan, paralelamente, múltiples valores asimismo borrosos que la Teoría de la Educación, lineal y ordenada, no contempla.

La relación entre la lógica discreta o tradicional y la teoría de conjuntos, tiene también su parangón en la fuerte conexión que asimismo se da entre la lógica difusa y la teoría de los conjuntos borrosos, de tal manera que uno de los primeros trabajos de Lofti A. Zadeh fue una generalización de la teoría de conjuntos que resultaba operativa en los casos en los que parecía difícil determinar la pertenencia o no pertenencia de un elemento dado a un conjunto determinado.

Así, si en la teoría clásica, un subconjunto **U** de un conjunto **S** se puede definir como una relación entre los elementos de **S** y los elementos del conjunto 0,1:

$$U: S \rightarrow \{0,1\}$$

esta relación se puede representar como un conjunto de pares ordenados, cuyo primer elemento es un elemento del conjunto **S**, y el segundo un elemento del conjunto 0,1, con, exactamente, un par ordenado por cada elemento del conjunto **S**. El valor cero representa la no pertenencia al conjunto y el valor 1 la pertenencia. De esta manera sentencias de la forma “**X** está en **U**” se pueden evaluar buscando el par ordenado cuyo primer elemento sea **X**. La verdad o falsedad de esta sentencia dependerá del valor del segundo elemento del par (si vale 1 será cierta y si vale 0 será falsa).

De manera análoga se puede definir un subconjunto borroso **F** de un conjunto **S** como un conjunto de pares ordenados, cuyo primer elemento es un elemento del conjunto **S**, y el segundo elemento, un valor del intervalo (0,1) –intervalo cerrado- con exactamente un par ordenado por cada elemento del conjunto **S**. Como en el caso de la teoría tradicional, el valor 0 indica la no pertenencia al conjunto y el valor 1 la pertenencia, los valores entre 0 y 1 indicarán los grados de pertenencia del elemento al conjunto borroso **F**. Pues bien esta relación que se ha descrito, se considera una función –la función de pertenencia del conjunto **F**- por lo que una sentencia del tipo “**X** está en **F**” se evalúa buscando entre los pares ordenados aquel cuyo primer ele-

mento sea **X**. El grado de verdad de esta sentencia vendrá determinado por el valor del segundo elemento del par.

Dicho así no parece haber demasiada diferencia, pero si se tienen en cuenta algunos ejemplos de conjuntos borrosos, como por ejemplo, alumnos sin motivación, padres negligentes, adolescentes en situación de precariedad social, o la calidad de las aulas... etc, parece difícil determinar una frontera clara entre la pertenencia y la no pertenencia de un elemento a este tipo de conjuntos. Es decir, el problema es que los algoritmos solo pueden dar razón de procesos determinados –por tanto alejado de situaciones complejas- mientras que la lógica difusa a pesar de estar integrada en un sistema finito como el de la digitalización, puede sin embargo encararse con situaciones de indeterminación y de hipercomplejidad.

En este sentido cabe decir que la lógica difusa es una herramienta básica en las programaciones de sistemas propios de la inteligencia artificial, ya que la lógica difusa se aplica en aquellos campos en los que se requiere fundamentalmente de control, –evaluación- de toma de decisiones, o de reconocimiento de patrones, que son los ámbitos donde más se ha desarrollado la inteligencia artificial.

Dicho formalmente, dado un universo discreto o continuo U , se define un conjunto borroso A por una función de pertenencia μ_A que asigna a cada elemento x del universo un valor comprendido entre 0 y 1. Así, $\mu_A(x)$ representa el grado de pertenencia del elemento x al conjunto A .

Un ejemplo real de esta última definición se puede presentar a partir de la evaluación de una competencia según criterios educativos. En este caso el conjunto **S** denominado “universo del discurso” es el conjunto de personas que evaluamos como competentes en una actividad –por ejemplo la capacidad comunicativa en un curso de formación de profesores; o la competencia parental en la educación de sus hijos en una escuela de padres, es decir, en una situación de no formalidad educativa. Pues bien, a partir de aquí, se define un conjunto borroso de “padres competentes” –o profesores en formación competentes en sus habilidades comunicativas- de tal manera que se pueda responder a preguntas acerca del grado de pertenencia del elemento **X** al conjunto objeto de nuestro cometido (padres, profesores...etc).

La función de pertenencia al conjunto se puede definir según diversos criterios combinados –en el caso de los padres lo definiríamos –es un decir- en base a la conducta protectora y afectiva así como por los efectos educativos sobre sus hijos. Se consideran padres plenamente competentes si obtienen los niveles óptimos en los tres criterios, y se considerarán menos competentes, si se alejan de dichos óptimos definidos operativamente; finalmente, no serán competentes si no cumplen unos requisitos mínimos. Una consecuencia de la aplicación de dicha lógica es que

los criterios utilizados pueden flexibilizarse, adaptarse a diversas circunstancias; una segunda consecuencia es que se pueden comparar los niveles de competencia parental entre padres.

Del mismo modo que en la teoría clásica de conjuntos es posible definir una serie de operaciones básicas, en la teoría de conjuntos borrosos también se pueden realizar uniones, intersecciones o complementos. Lo analizaremos a continuación.

En primer lugar se define la unión de dos conjuntos borrosos que se obtiene asignando a cada elemento del universo el máximo valor de su grado de pertenencia a cualquiera de los otros dos conjuntos. Su operador, por tanto, es equivalente al operador **OR** en álgebra booleana.

En cuanto a la intersección, esta se define como el conjunto borroso obtenido asignando a cada elemento del universo el mínimo valor de su grado de pertenencia a cualquiera de los dos conjuntos. En este caso el operador de intersección en la teoría de conjuntos borrosos es equivalente al operador **AND** en el álgebra booleana. Por último se define el complemento de un conjunto borroso como el conjunto borroso obtenido asignando a cada elemento del universo el complemento con respecto a la unidad de su grado de pertenencia. Dicho operador de complemento es equivalente al operador **NOT** propio del álgebra booleana.

Una vez vista tanto la definición como el fundamento de la lógica borrosa presentaremos las sentencias expresadas en este tipo de lógica. En principio su aspecto sintáctico es el mismo que en la lógica de predicados, aunque su semántica se basa en la teoría de conjuntos que se ha presentado con anterioridad.

La diferencia más importante que se observa es que no es posible la construcción de un sistema axiomático, ya que en la lógica borrosa no existe el concepto de tautología -sentencia válida- y por ello, no es posible derivar otras sentencias válidas a partir de una serie de axiomas. De hecho, esta característica de la lógica borrosa ha provocado una amplia discusión entre los expertos, sobre si realmente es correcto el calificativo de "lógica". Obviamente no entraremos en esta ocasión en el análisis de la cuestión pues creemos que queda claro que la lógica difusa o borrosa cubre algunas situaciones que el resto de las lógicas clásicas no pueden alcanzar. Creemos entonces que este es ya un argumento suficiente para su aceptación en el ámbito -de hecho aun inédito- de las ciencias de la educación.

La lógica difusa se nos presenta como un instrumento eficaz de investigación en conjuntos borrosos, o sea, indeterminados y desconocidos dentro de la secuencia finita propia de la digitalización. Con ello se ofrece una herramienta que posibilita definir con precisión situaciones de carácter educativo en términos de hipercomplejidad, de tal manera que no pueden entenderse los hipotéticos cambios cognitivos de la

Pedagogía digitalizada sin conocer los procesos de funcionamiento de uno de sus métodos -la lógica difusa o borrosa- que ha posibilitado el desarrollo de programas educativos mediante ordenadores digitales. De tal forma es así que muy probablemente la futura teoría de la educación para una pedagogía digitalizada sería la propia de los conjuntos y álgebras borrosas (L. Ballester y A.J. Colom, 2006).

3. La Pedagogía Digitalizada. Algunas consecuencias

Las nuevas tecnologías digitalizadas posibilitan un cambio fundamental de los escenarios pedagógicos ya que modifican sustancialmente las condiciones más seguras de toda la teorización educativa anterior. Nos referimos al hecho de que la digitalización transforma las categorías de espacio y tiempo, así como otras tales como el grupo, la intervención pedagógica y la tutorización. Creemos pues que estas modificaciones son de tal calado que realmente abren un punto y aparte en la evolución de los contenidos pedagógicos y aun de la propia pedagogía, es decir, de los conocimientos poseídos acerca del educar. Ahora bien lo que no se puede olvidar es que detrás de estas consecuencias que analizaremos a continuación se esconde la funcionalidad de la lógica difusa en la utilización de los artefactos digitalizados.

La Pedagogía Digitalizada modifica toda la condición de la educación; es pues, y en este sentido, otra educación. Consecuentemente, veamos a partir de ahora, cuales podrían ser estos "otros" nuevos fundamentos de la teoría educativa.

- a). La cuestión básica es la virtualización que del espacio y tiempo crea la digitalización, por lo que una Pedagogía digitalizada se reconvierte automáticamente en una Pedagogía asentada en categorías espacio-temporales virtuales. Recuérdese que exactamente la virtualidad es aquella característica capaz de producir un efecto aunque no de forma presente, puede usarse pues en sentido contrario a lo real y a lo efectivamente empírico, por lo que la relación tiempo-espacio desaparece como categoría unívoca.

Creemos que vale la pena detenernos en esta característica de la Pedagogía Digitalizada pues la ruptura de la simultaneidad educativa de espacio y tiempo no solo transforma los contextos y los protagonistas de la educación sino que constituye otra "razón" educativa en la que el tiempo y el espacio al disociarse -al no existir un tiempo ni un espacio especializadamente educativo- crea lo que bien podríamos denominar las bases de una nueva pedagogía asincrónica.

- b). Este determinante virtual define y modifica a su vez los medios de aprendizaje que ahora no se darán independientes, definidos y diferenciados los unos de los otros, ya que la digitalización posibilita el acceso no solo a un medio sino a redes complejas de medios que se ponen al servicio del alumno no solo para su información sino también para significar y dar sentido a su aprendizaje. Así pues, si bien dependiendo de lo virtual, la complejidad en red sería otro gran elemento definidor de la Teoría de una educación electrónicamente digitalizada.

Una educación digitalizada supone pues trabajar con sistemas realmente complejos, es decir, de complejidad no cuantificable, en los que realmente puede darse una seria dificultad para conocerlos. Estos sistemas son, obviamente, sistemas virtuales que se decantan ante nosotros como los verdaderos objetos conocimiento al mismo tiempo que desconocemos su indeterminación estructural y funcional. Ante tales sistemas las únicas posibilidades de abordar su conocimiento descansan en la redundancia y en la significación ya que ambas perspectivas nos ayudan a conocer la organización sistémica. O sea, la complejidad es un orden cuyo código se desconoce.

Para Atlan (1991) la complejidad se asocia al desorden y a la indeterminación, y el conocimiento, a la información redundante y a la significación. En referencia a la primera, nos dice Barel (1989, 107): "en el sentido más general, la redundancia se caracteriza por la presencia de elementos análogos en múltiples partes del conjunto, de una estructura o de un sistema, de tal suerte que la estructuración y el funcionamiento de una parte da una idea de la estructuración y del funcionamiento de las otras partes así como de la totalidad"; en consecuencia, mediante la redundancia se puede conjeturar acerca de lo desconocido pudiéndose reconstruir el todo de las partes, o las partes a partir del todo, actuando en consecuencia holográficamente.

Junto con la redundancia, la significación que aportamos al sistema, o la intuición que extraemos de él, es otros de los instrumentos que nos permiten una aproximación al desorden, o si se quiere, es el inicio para ordenar el desorden de lo conocido. Sin embargo, siempre nos toparemos con indeterminación, con desconocimiento, y por tanto, con azar, por lo que la evolución del sistema puede propiciar estados nuevos, no determinados ni intuitivos, lo que, por otra parte supone, que el azar puede adquirir, a posteriori, un nuevo estado, por lo que según Atlan, los sistemas complejos no dejan de ser sistemas de autoorganización permanente, es decir, propician su evolución en base a desordenes provocadores de nuevos órdenes (H. Atlan, 1991).

Como vemos la cuestión de la complejidad en el mundo digitalizado nos lleva a plantearnos un nuevo aspecto de significativa importancia, y es su fuerte incidencia cognitiva ya que la complejidad del sistema de información que utiliza el alumno sólo se captará mediante procesos de pensamiento a su vez complejos y no simplificando las posibilidades del pensamiento mediante modelos a su vez simplificadores, de los cuales, por lo general, los más usados han sido los siguientes:

- la idealización; la realidad puede explicarse y concebirse en la idea, de tal manera que sólo es real lo inteligible,
- la racionalización, o encerrar la realidad en el orden, o en todo caso, en la coherencia (como lo sistémico); es decir, se justifica la existencia del mundo confiriéndole una racionalidad que previamente es definida como tal, y
- la normalización, o eliminación y rechazo de todo lo extraño, de lo irreductible, o de *lo que no se aviene a nuestra racionalidad o idealización*.

La complejidad es sin duda un nuevo formato conceptual que debe propiciar una nueva forma de comprender y explicar la realidad. En este sentido diríamos que se trata de un sistema que se ve desbordado por la propia complejidad sistémica. El saber complejo es fruto de una tarea informacional en la que él que sabe y aprende esta integrado e implicado, por lo que la ciencia es una práctica antropológico-social que da lugar al saber, un saber que se construye en la *praxis*. La complejidad, por serlo, engloba el sistema a su vez complejo que conforman el estudiante y el objeto de estudio en una misma situación.

- c) Además, como hemos adelantado, la virtualidad nos permite indagar y estudiar los sistemas de comunicación de información en tanto que poseedores de capacidad de reestructuración cognitiva y de modificación de nuestros procesos mentales por lo que la nueva pedagogía se tendrá que fundamentar en sistemas propiciadores de información con potencial cognitivo. Y es que las nuevas tecnologías digitalizadas se reconvierten en simuladores cognitivos. Desde esta perspectiva, la educación y con ella su estructura teórico-epistemológica, se nos presenta como una verdadera tecnología cognitiva de carácter no trivial, o sea, no sólo en sentido instructivo -de aprendizaje de contenidos- sino también en sus dimensiones más ontológicas, máxime cuando la adquisición de hábitos, de valores, o de creencias y actitudes está afectada por las capacidades cognitivas de los sujetos. La Teoría de la Educación se

nos presenta pues como una ciencia del hacer cognitivo no trivial, en base al estudio de los fenómenos y sistemas capaces de propiciar -mediante la educación- la potenciación cognitiva del hombre en un contexto de libertad decisional. Y es que hablar de una tecnología de la cognición implica abogar definitivamente por la concepción no trivial del sistema educativo, es decir, por su indefinición funcional espacial y temporal. El concepto de libertad que es immanente a la no trivialidad sistémica esta ahora en la nueva epistemología pedagógica, asegurada, además, por la capacidad abierta e indefinida de la cognición humana.

- d) Por otra parte, la tecnología hardware posibilita el soporte de los sistemas denominados expertos que son capaces de guiar, conducir y orientar los procesos de enseñanza-aprendizaje, lo que conlleva al mismo tiempo, flexibilidad e interactividad. Su posibilidad es un débito, uno más, de las aplicaciones de la lógica difusa.

Un sistema experto pretende mediante un programa informático ser capaz de tomar decisiones emulando entonces al pensamiento humano. Para ello se crean unas reglas básicas, por ejemplo "antecedente", que describe los grados con que se aplica la regla, y "consecuente", que asigna un nivel de integración entre los grados de las reglas, propias del antecedente, para, y en todas, las variables de salida del sistema. Las reglas "antecedente" delimitan los límites de pertenencia al conjunto -por ejemplo rubio/moreno- mientras que las reglas propias del consecuente -por ejemplo castaño- introduciría el nivel de pertenencia que entre rubio y moreno posee el sujeto.

Por ejemplo en el caso de la orientación vocacional se juega con una base de conocimientos en función de reglas y hechos en donde se integran características de la personalidad, inteligencia, desarrollo, actitudes, habilidades y otras capacidades de las personas. Con esta información se crea una estructura que nos aportará las reglas y los procedimientos que configuren el funcionamiento del "antecedente". Además, se configura la que bien podríamos denominar base de información aportada por el sujeto que serían las contestaciones a unos *items* de acuerdo a una escala de Likert de tres opciones. Desde esta perspectiva no hay duda que las contestaciones de los sujetos se integran en unos conjuntos difusos -representados por las tres opciones de la escala, (por ejemplo: me interesa; me es indiferente; no me interesa).

A partir de aquí se llega a un resultado "como consecuencia de la consulta del conocimiento experto implicado en la solución" lo que aporta un nivel de pertenencia a cada uno de los conjuntos profesionales evaluados. Como

fruto de los pertinentes cálculos el sistema aporta por fin el valor más alto de pertenencia a una de las opciones profesionales de acuerdo con las aptitudes y habilidades que el sujeto ha expresado.

En este caso pues, el sistema experto “proporciona a un alumno en materia de orientación vocacional una sugerencia de carrera adecuada a su perfil profesional y psicológico”, (M. Ménez; A.C. Campos; C.G. Bustillos, 2004, 6 y 7). En el fondo un sistema experto es una herramienta -un programa de toma de decisiones en base a comparación y adscripción de *patterns* y conjuntos- que en este caso lo que pretendería sería adscribir con mayores cotas de seguridad -y por tanto mejorar el nivel de fracaso de los estudiantes- a los futuros alumnos de estudios superiores.

Es evidente que en este contexto educativo-digitalizado, los verdaderos responsables de los procesos de enseñanza-aprendizaje se tendrán que convertir en verdaderos tecnólogos diseñadores de experiencias de enseñanza-aprendizaje, lo que les conllevará a un cambio absoluto de formación y a la necesidad de conocer y utilizar las posibilidades de programación de los artefactos digitalizados y su conveniente conexión en red con otros asimismo preparados para el mismo objetivo.

- e) Todo ello implica afirmar que los objetivos de la educación no podrán ser ya los actuales, surgiendo como finalidad esencial de los mismos, el aumento de la capacidad de adaptación del individuo al cambio continuado. La sociedad está precisando, de cada vez más, personas capaces de adaptarse a la multiplicidad de situaciones que la actual vida contemporánea va diseñando, así como a la constante innovación tecnológica que poco a poco va al mismo tiempo transformando mores, hábitos y costumbres; el hombre educado deberá ser aquella persona capaz de controlar estos cambios al mismo tiempo que implementar otros nuevos para así dar soluciones a problemas inéditos emergentes; en todo caso, el hombre educado, deberá saber vivir en una sociedad en constante devenir que tanto la investigación como el conocimiento irán propiciando continuamente. Ello supone afirmar que una educación para el cambio necesita profundizar en las posibilidades cognitivas del sujeto ya que las soluciones adaptativas se encuentran en los recursos y capacidades mentales e intelectuales.
- f) Como afirma R. McClintock (1997), será además necesario reorganizar la cultura para adaptarla al uso de las tecnologías digitales, lo que significará, un cambio en los planteamientos curriculares que deberán bascular ahora sobre una nueva concepción del saber. Deberá plantearse una cultura educativa que mire

fundamentalmente al porvenir. La educación no debe ser ya la transmisora de la cultura del pasado y la pervividora de la historia en las nuevas generaciones. Tampoco debe ser comprensiva del presente ya que éste no es perdurable; el presente, el momento, debe servir como mecanismo didáctico para explicar el cambio y conseguir así el objetivo prioritario de la educación: la movilidad, la adaptación a lo nuevo, a lo cambiante, por lo que la educación se debe plantear, como el desarrollo del potencial cognitivo cara a las previsiones del futuro. La sociedad del aprendizaje no es nada sino conduce a la sociedad del saber y del conocimiento: *"los gobernantes de mañana tendrán que inventar y sobre todo deberán permitir inventar"* (J.J. Servan-Schreiber, y B. Crecine, 1986, 47)

El cambio estribaría en superar nuestra educación actual, asentada en el feed-back, o sea, en la capacidad de adaptación a la realidad profesional, social, axiológica...etc, para lograr una escuela que concibiese la educación como la inclusión en los educandos de la capacidad de feed-before; o sea, del control proyectivo.

Plantear una teoría educativa orientada al logro del feed-before es instaurar un sistema que inculque el control de las variables hipotéticas que en un momento dado puedan darse; es, en suma, inculcar la capacidad de intuir el futuro y estar entonces preparado para su advenimiento; el feed before, supone, mediante la información multivariada que se posee, dotar al alumno, al hombre, de capacidad anticipatoria, de tal manera que la utilización de la información estribe en proyectar acciones y conductas a fin de enfrentarse con éxito y eficacia a situaciones que se darán en el futuro³. Para ello, es necesaria la utilización multivariada de información y la experiencia en situaciones y en toma de decisiones, o sea, implica transformar la realidad educativa en verdaderos laboratorios de simulación; así, los medios informáticos, las técnicas de juegos, la previsiones del azar, la prospectiva....etc, se nos presentan como

³ Es difícil encontrar ejemplos de conductas propias del feed-before; normalmente, siempre se plantea el símil del portero ante un lanzamiento de un penalty o falta máxima; teóricamente, por la velocidad que lleva el balón y por los niveles de visión del ojo humano, el penalty, si está bien lanzado, es imparable; sin embargo, en muchas ocasiones, gracias a la información que posee el portero de la forma y manera como el delantero suele tirar las faltas máximas, el portero puede intuir o predecir la trayectoria futura del balón y así controlar el sentido de su dirección. Fijese el lector que el posibilismo del control anticipatorio o feed before, depende en exclusividad de la información o el conocimiento previo que de una situación o fenómeno se posee; como se ve, una vez más, la información sirve para controlar o conocer situaciones, lo que ocurre es que en este caso las situaciones y la información no se dan al unísono, en el momento, como en los casos de ajuste o feed-back, sino que aquí se posee la información previamente de acontecimientos que se vislumbran en el futuro, por lo que se puede hablar de control anticipatorio o proyectivo. De alguna manera, el funcionamiento de los misiles es similar; de ahí su eficacia, ya que poseen fuentes de información anticipada sobre los "comportamientos" de sus objetivos, por lo que proyectan con seguridad su trayectoria.

los pilares en donde fundamentar la nueva pedagogía en tanto que tecnología cognitiva. Como dice S. Giner, la innovación ha dejado de estar en manos de la técnica para ser fruto del cognitivismo sistemático (1987). Ello implica, que duda cabe, revolucionar el conocimiento.

- g) Innovar el conocimiento es crear nuevo conocimiento, y esto, la creación de nuevo conocimiento, no puede darse por medios que no sean "nuevos". Los nuevos conocimientos serán realmente nuevos si afectan a contextos asimismo novedosos, por lo que la innovación sólo puede llegar a través de entornos innovadores. Consecuentemente, la innovación no puede llegar de la "realidad natural"; en efecto, la ciencia en la modernidad, se ha desarrollado en tanto que discurso o lenguaje acerca de la naturaleza y de los fenómenos o procesos concurrentes en ella. Ello significa, que tomar a la naturaleza como el objetivo del conocimiento, no supone la creación de conocimiento innovador, ya que lo que realmente se conseguiría, siguiendo investigando las relaciones y las fenomenologías naturales sería ampliar el conocimiento tradicional, un conocimiento que si bien sería "novedoso" o "nuevo" -no conocido- no obstante no sería innovador. Sería, en definitiva, una ampliación de un tipo de conocimiento, del conocimiento científico propio de la modernidad y que se ha venido en denominar "conocimiento natural".

O sea, que para crear no sólo nuevo conocimiento sino conocimiento realmente innovador -otro tipo de conocimiento- debemos aplicarnos al estudio de otras realidades, o si se quiere, de realidades no naturales. Ello implica fundamentar la innovación en el estudio de otros objetos nuevos, creados *ad hoc*, o sea, artificiales. En este sentido, pues, sólo la realidad artificial puede plantearse como el contexto creador del conocimiento innovador.

Ahora bien la creación de nuevo conocimiento, lo que podríamos denominar *conocimiento virtual*, depende, forzosamente, de la creación de nuevos entornos o ambientes de conocimiento (A.J. Colom, 1994). El salto está, evidentemente, en superar el conocimiento de la naturaleza, o de lo natural, para lograr "otro tipo de conocimiento"; téngase en cuenta que la investigación de la naturaleza alumbró la ciencia, con sus leyes y su capacidad descriptiva de los fenómenos; en cambio, la investigación de efectos artificiales ha traído consigo la tecnología, o invención de nuevos artefactos que propician a su vez nuevas aplicaciones y nuevas formas de resolver problemas o situaciones, creando entonces y en consecuencia nuevos entornos, o al menos, modificándolos en parte. No nos extrañe entonces que la primera condición de la innovación sea, en oposición a la realidad natural dada, crear realidades artificiales o si se

quiere "no naturales" a fin de que cumplan el papel de ser estructuras contextualizadoras, estimuladoras e instrumentalizadoras del nuevo conocimiento. El futuro, de ello no hay duda, se encuentra en el desarrollo de lo que ya hace años H. Simon (1973) denominara la "ciencia artificial". Pues bien estos nuevos entornos nos vienen dados por las realidades tecnológicas digitalizadas. Aquí, precisamente, es donde se encuentra el gran papel a desarrollar por las tecnologías de la información ya que es precisamente, gracias a la digitalización como se forman nuevos ambientes artificiales y donde en consecuencia surge la posibilidad del conocimiento innovador, o si se quiere, del conocimiento virtual. En este sentido, el conocimiento innovador se nos presenta como el objeto prioritario de la pedagogía digitalizada entendida como tecnología para el desarrollo cognitivo.

La creación de estos espacios artificiales nos aproximan a la tecnocultura, o sea, al estudio y a la comprensión de la relación que se establece entre las cosas y la reflexión sobre ellas mismas, al mismo tiempo que nos propician una forma de aprendizaje, mediante un artefacto artificial que por ello mismo, conlleva la posibilidad de conocimiento y del cognitivismo virtual. El mundo digital abre al hombre nuevas perspectivas intelectuales y actualiza otras capacidades cognitivas hasta ahora no desarrolladas; es obvio que ante nuevas situaciones el hombre ensaye nuevas soluciones, con lo que la digitalización y la nueva situación de interacción que aporta, obliga a producir nuevas estrategias cognitivas y a la larga, nuevas perspectivas de utilización de los recursos mentales. O sea, una enseñanza digitalizada, al crear un nuevo entorno, (y será un nuevo entorno por ser un entorno artificial), crea nuevas perspectivas cognitivas, y por tanto, se plantea como conocimiento virtual, o si se quiere, como conocimiento con potencialidad y capacidad innovadora. La educación pues tiende a convertirse, tal como enunciábamos, en una tecnología cognitivista de carácter no trivial, entendiendo aquí por tecnología la planificación anticipada de la acción por medio de la digitalización electrónica.

4. La realidad educativa digitalizada.

Como nos enseña J.M. Touriñan (2005) los procesos educativos digitalizados más extendidos son los que se centran en la enseñanza a distancia así como, diríamos nosotros, en la enseñanza individualizada. Fundamentalmente ambos tipos de enseñanza se fundamentan en los siguientes sistemas y procesos:

- Equipos telemáticos como los que son capaces de generar video conferencias-e-learning o educación *on line* aprovechando las posibilidades y los contenidos así como los programas que se encuentran en *internet*.
- Comunidades virtuales, o conjunción de grupos de aprendizaje ensamblados mediante las acciones *on line*.
- m-learning, de gran e inmediato futuro ya que nos referimos a la posibilidad comunicativa de carácter móvil e inalámbrico (tecnologías Wifi) que a la larga supondrán un menor coste de conexión para las instituciones escolares.
- b-learning, de la palabra inglesa “blended” – mezcla, mixtura- y que hace referencia a los sistemas semi presenciales o mixtos, que desarrollan los procesos de aprendizaje mediante el e-learning con apoyo de otros tipos de mediadores –textos específicos, videoconferencias, sistemas tutoriales presenciales...etc.
- Redes informáticas o conjunto interconectado de ordenadores que ofrece a sus usuarios diversos servicios relacionados con las comunicaciones y el acceso a la información (J.M. Touriñan, 2005, 79), lo que hace aumentar su funcionalidad. Ha dado lugar a la denominada tecnología GRID cuya característica es la posibilidad que posee de compartir recursos y periféricos así como el acceso a mayor información y a más rápida difusión de la misma (p. 85).
- Teleinmersión o capacidad de transmisión de imágenes en tiempo real dotas de color, movimiento y volumen, es decir en tres dimensiones, con las que el receptor puede interactuar y en consecuencia entrar en contacto con ellas. Su aplicación en colegios y universidades tecnológicamente avanzadas, visitadas por el autor, me hizo ser testigo de una metodología que, por ejemplo, favorece en sobremanera las prácticas virtuales propias de los laboratorios de física, química y biología a realizar por alumnos de secundaria así como por universitarios.

No hemos querido ser exhaustivos ni tampoco visionarios ya que hemos referido lo más próximo a nuestra realidad cultural digitalizada. A partir de aquí creemos que tenemos diseñado un marco conceptual y contextual en donde implicar la Pedagogía Digitalizada así como sus conexiones y puentes de contacto y de evolución en referencia la teoría educativa actual, más propia aun de las transmisiones tradicionales de los sistemas de enseñanza-aprendizaje. A continuación y establecido el mencionado marco se tratará de investigar y evaluar sistemáticamente la validez o no de los procesos de aprendizaje, el desarrollo cognitivo, creativo, actitudinal...etc a fin de procesar un cuerpo de conocimientos pedagógicos propio de la Pedagogía Digital.

Bibliografía

- Atlan, H. (1991) *Con razón y sin ella. Intercrítica de la ciencia y el mito*. Barcelona, Tusquets.
- Ballester, L. y COLOM, A.J. (2006) "Lógica difusa. Una nueva epistemología para las ciencias de la educación", Madrid. *Revista de Educación*. Ministerio de Educación y Ciencia.
- Barel, Y. (1984) *Le paradoxe et le système*. Grenoble (Fr.). Presses Universitaires de Grenoble.
- Colom, A.J. (1994) "Tecnología, educación y conocimiento virtual", pgs. 17 a 25 de *Tecnología y comunicación educativa*, nº 22, México, enero-marzo.
- Danzin, A. (1976) *Science et renaissance de l'Europe*, París, Edit. Chotard.
- Giner, S. (1987) *Ensayos civiles*, Barcelona. Edic. 62.
- Klir, G.; ST. CLAIR, U.; YUAN, B. (1997) *Fuzzy set theory: Foundations and applications*. Indianápolis. Perason.
- Mcclintock, R. (1993) "Elaboración de un nuevo sistema educativo", pgs. 127 a 176 de: R. McClintock & M. Streibel & G. Vazquez: *Comunicación, tecnología y diseños de instrucción. La construcción del conocimiento escolar y el uso de los ordenadores*. Madrid. CIDE, Ministerio de Educación y Ciencia.
- Mendel, J. (2000) *Uncertain rule based fuzzy logic systems: introduction and new directions*. New York, Prentice may.
- Ménez, M.; Campos, A. C.; Bustillos, C.G. (2004) "Aplicación de lógica difusa en orientación vocacional". Zacatepec, Morelos (Mex.), Departamento de Sistemas y Computación. Instituto Tecnológico
- Servan-Schreiber, J.J. & B. Crecine, B. (1986) *La revolución del conocimiento*, Barcelona. Edit. Plaza y Janés.
- Simon, H. (1973) *Las ciencias de lo artificial*, Barcelona. Edit. ATE.
- Touriñan, J.M. (2005) *Educación electrónica. El reto de la educación digital en la escuela*. Santiago de Compostela. Conselleria de educación e Ordenación Universitaria. Xunta de Galicia.
- Trillas, E. (1980) *Conjuntos borrosos*. Barcelona, Vicens.
- Zadeh, L. (1965) "Fuzzy sets" de *Information/Control*, nº 8. pp. 338-353.

Résumé

Dans cet article, une approche est faite concernant ce qui peut être appelée la pédagogie numérique, puis certaines de ses contributions sont analysées, telles que la logique floue, les bases mathématiques de la numérisation et aussi une grande partie de l'informatique. A partir de là, nous étudions les facteurs déterminants ou les caractéristiques de ce type de pédagogie comme les systèmes experts, les mondes virtuels, la complexité, la restructuration cognitive, la technoculture, l'innovation de la connaissance et, en bref, le nouveau concept de la connaissance. Et pour terminer, sont analysées certaines stratégies typiques de la pédagogie numérique.

Mots-clé :pédagogie numérique, systèmes experts et éducation, logique floue et éducation, virtualité et éducation.

Abstract:

In this article an approach is made towards what can indeed be called digital pedagogy, going on afterwards to analyze some of its contributions such as what is now fuzzy logic, the mathematical basis of digitalization and also a big part of computer science. Beginning here we study the determining factors or characteristics of this type of pedagogy such as expert systems, virtual worlds, complexity, cognitive restructuring, techno-culture, the innovation of knowledge and in short, the new concept of knowledge. Lastly some of the typical strategies of digital pedagogy are analyzed.

Key-words: Digital pedagogy, expert systems and education, fuzzy logic and education, virtuality and education.