

## Introducción del concepto de entropía en el proceso de interacción de materiales en educación a distancia

Eje temático: Estrategias para la enseñanza y el aprendizaje en la era de la información y el conocimiento.

Nuevos roles y perspectivas en los componentes del sistema de educación a distancia. Tutores, docentes, materiales, comunicación, interacción, evaluación etc.

Lara, Luis Rodolfo

Master en Tecnología Educativa, Docente de la carrera Licenciatura en Tecnología Educativa e investigador, director del Proyecto de investigación “Análisis de sistemas interactivos multimedia educativos”,  
reolara@educ.ar

Diaz, Carlos Enrique

Profesor en computación, Docente del Profesorado en Computación e investigador,  
carlitosdiaz07@gmail.com

Palomeque, Ana Laura del Valle

Profesor en computación, Docente del Profesorado en Computación e investigador,  
alvpalomeque@gmail.com

Toloza, Eduardo Adrián,

Licenciado en Tecnología Educativa, docente de la carrera Licenciatura en Tecnología Educativa e investigador,  
eduardotoloza@gmail.com

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Catamarca

### **1.- Introducción**

Los materiales instructivos tienen un rol fundamental en educación a distancia, pues son portadores de contenidos, tienen una propuesta de acción y constituyen elementos de gran valor didáctico, generando las condiciones necesarias para que el estudiante pueda construir su conocimiento, autoevaluarse y ser evaluado y

orientado por el tutor (Padula Perkins, 2002). Por otro lado, desde la perspectiva tecnológica, con la aparición de las computadoras, las aplicaciones informáticas y los nuevos recursos que ofrece Internet, se abre un nuevo desafío de la manera de poder aplicar estas tecnologías en el diseño de materiales didácticos.

El carácter transdisciplinario de este trabajo se basa, justamente en la estructura compleja que presentan estos medios interactivos, como expresa Morin (1999) “los desarrollos disciplinarios de las ciencias no sólo aportaron las ventajas de la división del trabajo, también aportaron los inconvenientes de la superespecialización, del enclaustramiento y de la fragmentación del saber. No produjeron solamente conocimiento y elucidación, también produjeron ignorancia y ceguera” (p. 15). Por consiguiente, incorporando principios y conceptos teóricos provenientes de diversas disciplinas y teorías como la física, la química, la teoría de los sistemas, entre otras, se busca abrir una nueva perspectiva para analizar los materiales educativos interactivos.

Bajo este nuevo fundamento teórico, se presenta el concepto de Sistema Interactivo Multimedia (SIM) educativo como “aquel capaz de poder presentar información, contenidos diversos y actividades en forma textual, sonora y visual de modo coordinada e integrada. Presentación que se realiza en forma ramificada, mediante el uso del hipertexto y vínculos que favorece el acceso a la información y al aprendizaje colaborativo, permitiendo al sujeto interactuar con el medio en forma personal, y que en dicha interacción construya en forma significativa y adaptativa su conocimiento” (Lara, 2008, pp. 170-171).

Estebanell Minguell (2000) define a la interactividad, como una característica intrínseca que presentan los materiales multimedia (accesibles o no desde Internet) que incrementase, cualitativa y cuantitativamente, la capacidad de los usuarios de intervenir en el desarrollo de las posibilidades que ofrecen los programas, de manera que se pudiese mejorar sus posibilidades de trabajo y aprendizaje. De esta manera, los niveles de interactividad que puede presentar un medio están definidos por las posibilidades y grados de libertad del usuario dentro del sistema, así como la capacidad de este sistema en relación al usuario.

Desde esta perspectiva, la presencia del hipertexto es clave en este tipo de aplicaciones “mediante el hipertexto, el lector ha de ser activo al seleccionar su

itinerario, al construir su propio texto, paralelo al del autor, por lo que las experiencias de leer y escribir textos cambian radicalmente” (García Aretio, 2002, p. 184). Los vínculos o enlaces proveen al alumno el acceso a la red no sólo para acceder a la información sino también para establecer contacto con recursos que posibilitan el aprendizaje colaborativo con otro alumno o interactuar directamente con el tutor.

Como se afirmó en el concepto de SIM educativo, la cualidad de la adaptación es clave para el funcionamiento de un material educativo, por lo tanto, se hace referencia implícita a sistemas abiertos.

Es así, que en la actualidad, las aplicaciones multimedia educativas, en su afán de favorecer el proceso de enseñanza aprendizaje, sólo lo puede conseguir desde el punto de vista de un “usuario estándar”, del cual los programadores y diseñadores de la aplicación tomaron como modelo con argumentos rígidos sobre lo que significa realmente el término “usuario estándar”, sin considerar que cada individuo construye su conocimiento de diversas formas y proviene de conocimientos y acontecimientos previos diferentes.

En consecuencia, la mayor parte de las aplicaciones informáticas con fines didácticos que existen en la actualidad tienden a ser sistemas abiertos muy limitados, en el sentido de que los estímulos provenientes del exterior y sus realimentaciones no influyen en forma determinante en cuanto a la esencia del funcionamiento y al desarrollo del mismo.

## **2.- La entropía en el proceso de interacción de los materiales**

El concepto de entropía tiene diversas interpretaciones, pasa de ser una medida de la pérdida de energía (Clausius), a una medida de desorden (Boltzman) y a la vez está relacionada con la cantidad de información que se puede transmitir por un canal (Shannon y Weaver).

Todos los sistemas, están sujetos a la segunda ley de la termodinámica, según la cual existe una magnitud llamada *entropía*, considerada como aquella energía que se disipa en forma espontánea como consecuencia de los procesos internos del sistema y que no podría volver a reutilizarse de nuevo para producir trabajo.

En los sistemas cerrados esta entropía aumenta progresivamente hasta llegar a lo que se conoce como equilibrio termodinámico, donde la máxima probabilidad de los

sistemas es su progresiva desorganización y, finalmente, su homogeneización con el ambiente.

Los sistemas abiertos, al ser permeables con el medio, compensarían esa producción de entropía interna espontánea, incorporando información del ambiente, es decir, entropía negativa o neguentropía. La neguentropía es en sí una medida de orden, la información que recibe el sistema y que proviene del medio es la más importante corriente neguentrónica que disponen los sistemas complejos, siempre considerando información toda aquella que es verdaderamente relevante para el sistema.

## 2.1.- La entropía en sistemas abiertos

En el mundo real, los sistemas son abiertos, un sistema abierto es aquel que importa información (corriente de entrada), la transforma (proceso de transformación) y luego exporta al ambiente esa nueva información.

La realidad muestra como los organismos vivos como las estructuras artificiales creadas por el hombre presentan una tendencia a una mayor heterogeneidad (elementos del sistema bien diferenciados con respecto al medio con que interactúa) y niveles crecientes de organización. Ello es debido a que el incremento natural de la entropía que se produce en todo sistema es contrarrestado en los sistemas abiertos por los intercambios de flujos de información con el entorno, cambios de objetivos o estructuras hacen que la entropía total del sistema pueda mantenerse constante e incluso pueda disminuir.

Es evidente que estos flujos que provienen del entorno producen perturbaciones en el sistema, pero una asimilación adecuada de los mismos, y no su eliminación es la que permitirá que el sistema siga funcionando. De este modo, como afirma Sarabia (1995) "en un sistema abierto, se deben tener en todo momento despejados sus canales de información con el entorno y asumir el conflicto que supone la aceptación de la diversidad, ya que en caso contrario, evolucionarán como los sistemas cerrados alcanzando su particular muerte térmica y marcándose como fin una degradación del fin original" (p. 56). Por lo tanto, permeabilizar la frontera sistema-entorno llevará al sistema a una situación de inestabilidad, pero si el sistema tiene un diseño adecuado, lo conducirá a un nivel más evolucionado y complejo.

En lo que respecta a programas informáticos, se pueden considerar cerrados a aquellas programas herramientas tradicionales, como un procesador de texto, que sirve para desarrollar otros archivos documentos, este programa herramienta tiene diversos componentes de control y vías de comunicación restringida con el medio que acentúan la fuerte diferencia entre el sistema y el ambiente (alto nivel de organización), el usuario bajo ningún punto de vista puede alterar el programa herramienta original, en estos casos el usuario (como un componente del medio o ambiente) se tiene que adaptar al sistema, lo que se lleva en la práctica mediante el estudio del funcionamiento de la herramienta. Cuanto más complejo es el estudio del uso de una herramienta informática, más rígido es su estructura interna. Lo que hace que se tenga una entropía muy baja (si el usuario conoce bien la herramienta), y el sistema se mantiene estático, sin evolucionar.

Se pueden mencionar como ejemplos de sistemas abiertos en informática a aquellos archivos derivados de los programas herramientas o de algún lenguaje de programación como son los documentos o archivos fuentes que realiza el usuario, así, los mencionados archivos pueden ser modificados (dentro de ciertos códigos impuestos por el programa herramienta o lenguaje de programación).

## 2.2.- Variaciones de la entropía en sistemas abiertos

Una entropía creciente positiva implica la idea de un proceso espontáneo e irreversible; un proceso que es natural, es decir, tiene lugar sin ninguna influencia externa; que es el caso cuando el calor pasa de un cuerpo más caliente a un cuerpo más frío si están en contacto o la expansión libre de un gas. Los cambios espontáneos siempre van acompañados de una reducción en la “calidad” del flujo de la energía, materia o información, en el sentido de que es degradada a una forma más dispersa y caótica (Atkins, 1991).

Una entropía constante, en cambio, hace referencia a un proceso “antinatural” y reversible. Los procesos reversibles son cambios compensados, encontrándose el sistema en equilibrio con sus alrededores en cada etapa del proceso, sin degradación de la calidad de la energía, sin dispersarla caóticamente (Atkins, 1991, p. 112).

En el desarrollo de materiales interactivos educativos se debe considerar que su interacción con el entorno, nos lleve a un nivel más o menos controlable de

organización, lo que se hace lógico considerando un material que comprenderá contenidos y actividades didácticas, por lo que se deduce que la entropía debe mantenerse en un valor aproximadamente constante, de esta manera, la cantidad de información que adquiere el sistema se verá jerarquizada.

Por lo tanto, se busca considerar al material interactivo educativo como un sistema abierto con una estructura básica que, para que vaya desarrollándose precisará sustentarse de señales proveniente del entorno, donde se le proveerá de información adicional para neutralizar la variación de la entropía del sistema, de esta forma irá expandiéndose en forma ordenada en el desarrollo de módulos que se generarán de acuerdo a los requerimientos que solicite el entorno (perfil del alumno+ hardware).

### 2.3.- El concepto de entropía e información

En 1948, Shannon y Weaver plantearon matemáticamente el concepto de cantidad de información, el término cantidad no se refiere a la cuantía de datos, sino a la probabilidad de que un mensaje, dentro de un conjunto de mensajes posibles, sea recibido.

A la entropía, Shannon la definió como la cantidad de información promedio de estos mensajes, considerando las coordenadas que cumplen con la condición de entropía de la fuente nula se puede inferir que en estos dos puntos el mensaje carece de sentido, ya sea porque aporta demasiada información en un extremo, el mensaje es imposible que sea proporcionado por su bajo nivel de significado o porque el mismo es totalmente redundante en el otro extremo, siempre se da el mismo mensaje.

Por otro lado, el valor máximo de entropía se manifiesta cuando la información de todos los símbolos son equiprobables, es decir, todos los sucesos tienen la misma posibilidad de ser recibidos, hay una gran diversidad en cuanto a la selección de cada símbolo, no hay redundancia en el mensaje, por lo tanto, la cantidad de información recibida es alta e igual para todos los eventos que puedan suceder, justamente por esta causa, todo el mensaje es información efectiva. En la práctica no existen canales perfectos por donde no pueda ingresar el ruido, de esta manera, para combatir el ruido es necesaria emplear la redundancia.

Cuenca (1999) destaca que la información no es sinónimo de significado. El término información no se refiere tanto a lo que se dice, sino a lo que se podría decir. Por lo tanto, la información es la medida de la libre elección del mensaje que puede tener el potencial receptor. El concepto de información se refiere, no a los mensajes individuales sino, a la totalidad. Que la información se mida por la entropía es natural, si se piensa que, la información se asocia al grado de libertad de elección que se tiene al construir los mensajes.

De esta manera, aquellos materiales didácticos rígidos, donde no hayan una gran cantidad de mensajes para seleccionar tendrán una entropía muy baja, en caso de que no existan posibilidades de seleccionar los mensajes o siempre se selecciona el mismo, estaremos en los extremos de la curva (izquierdo o derecho, respectivamente).

En consecuencia, considerando que se prefiere un estadio medio entre la organización y la cantidad de información suministrada, aunque haya una gran cantidad de mensajes para seleccionar, se propone como zona óptima de trabajo cerca del valor máximo de entropía.

Eco (1979) es concluyente al resumir estas condiciones:

- Cuanto mayor es la cantidad de información, tanto más difícil es comunicarla de algún modo; cuanto más claramente comunica un mensaje, menos información se transmite.
- El aumento de significado en la transmisión del mensaje supone pérdida de la cantidad de información y el aumento de la información supone pérdida de significado.

Otra forma de hacer crecer la entropía es aumentando el número de mensajes que puede presentar el material; concretamente, cuantas más alternativas haya, mayor será para probabilidades aproximadamente iguales.

El concepto de redundancia corresponde al sentido común que se tiene de esta palabra, se interpreta como aquella fracción del mensaje innecesaria (y por lo tanto, repetitiva) ya que si faltara en el mensaje, éste seguiría completo, o podría completarse y ser entendible.

Para García Mayoraz (1989) “la información es eminentemente entrópica, repele la redundancia, en cambio la comunicación en su núcleo informador de su contenido tiene que ser información, pero en su caparazón, su soporte, tiene que ser redundancia” (p. 35). Y enfatiza que “el mensaje debe ser claro, el lenguaje transparente, los signos preponderantemente transparentes” (p. 197). La buena utilización del código asegura la correcta recepción del mensaje, su completa inteligibilidad, la ausencia de todo ruido, porque el lenguaje es precisamente un filtro que sólo permite pasar aquellos significados que están ordenados en el mismo código; el lenguaje impone el orden y el control. El código está ordenado en sus elementos y en sus relaciones; con él se puede hacer un mensaje bien claro, la entropía propia del código por lo tanto es muy baja. Sin embargo, para aumentar la cantidad de información, se tendrá que aumentar la entropía, introducir desorden en el código, es decir ruido en el mensaje, para que el sistema evolucione a un orden superior. De esta manera, ruido (relacionado con el aumento de la información) y redundancia (relacionado con la claridad en que se emite un mensaje) compensan la entropía del material para que se mantenga en un valor más o menos constante.

### **3.- Conclusiones**

En un sistema computacional, eminentemente determinístico, en donde todo material está programado y cada instrucción del programa está planificada y se prevé todas las interacciones que eventualmente puede hacer el alumno; es necesario agregar un componente aleatorio, dicho componente tiene la función de neutralizar la entropía naturalmente baja que producen las aplicaciones producidas por las computadoras y la redundancia que esto acarrea. De esta manera, con la presencia al azar de diversos eventos o símbolos se contempla trasladar la función de entropía hacia un valor constante, haciendo que estos sucesos que presenta el material sean realmente novedosos para el alumno.

En lo referido a materiales multimedia educativos, aquellos softwares que sólo suministran información sin recabar información del ambiente (perfil del usuario y del hardware) tienen al principio una entropía alta, proveniente de la novedad de los contenidos, pero luego, a causa de que los mismos con el tiempo dejan de ser novedosos, ya que el sistema se vuelve predecible y redundante para el usuario.



En los sistemas abiertos, la tendencia a la disminución de la entropía (como sucede en los sistemas cerrados) es contrarrestada por la información que recaba el sistema de su medio, mediante las realimentaciones y de los componentes azarosos, lo que hace que la variación de la entropía del material se mantenga más o menos constante, pues, permanentemente se le presenta al alumno nuevos eventos.

Hay que tener en cuenta que la entropía desde el punto de vista cuantitativo no será igual para todos los usuarios que interactúan con el material interactivo, dependerá de varios factores, como la adaptabilidad del usuario al medio, conocimientos, motivaciones y experiencias previas que tengan que ver con la temática abordada por el material, etc.

En cuanto al proceso de diseño de estos materiales, se debe dar paso a la atomización, mediante el desarrollo de parcelas de instrucciones modulares pero a la vez también al crecimiento complejo mediante diversas conexiones, donde el hipertexto tiene un impacto fundamental. Lo que implica compartir dichos módulos, formando una gran red donde cada uno de los materiales usados por cada alumno constituye un elemento constitutivo de otro sistema macro que los contiene a todos. Esta red vinculada constituirá múltiples y diversos caminos secuenciales que recorra el alumno para que sea verdaderamente un trayecto individual y global a la vez. Por otro lado, la interacción del sistema interactivo abierto con el usuario, producirá un efecto mutuo de crecimiento, el alumno podrá alcanzar un nivel mayor de aprendizaje, y el sistema habrá aumentado su nivel de complejidad al querer cumplir con el objetivo.

La introducción del concepto de entropía persigue incluir un nuevo criterio desde el punto de vista teórico para el desarrollo de materiales interactivos, adaptándolos a una nueva perspectiva más orientada a la propia construcción del conocimiento por parte del alumno.

#### **4.- Bibliografía**

- 1) Atkins, P. (1991). *Fisicoquímica*. Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana.
- 2) Cuenca, J. L., "Tres lugares comunes para la entropía", 1999, Revista Encuentros Multidisciplinares. Extraído el 15 de abril, 2010 de <http://www.encuentros-multidisciplinares.org/Revistan%C2%BA3/N%C2%BA>

%203%20Jos%C3%A9%20Luis%20Cuenca%20Tadeo.htm.  
24/10/06)

(Consulta:

- 3) Eco, U. (1979). *Obra abierta*. Barcelona: Ariel.
- 4) Estebanell Minguell, M. (2000). Interactividad e interacción. *Revista Interuniversitaria de Tecnología Educativa*. Extraído el 21 de marzo, 2010 de <http://web.udg.edu/pedagogia/images/gretice/INTERACT.pdf>
- 5) García Aretio, L. (2002). *La educación a distancia*. Barcelona: Ariel.
- 6) García Mayoraz, J. E. (1989). *Entropía/Lenguajes*. Buenos Aires: Hachette.
- 7) Lara, L. R. (2008). Efectos termodinámicos en el diseño de materiales multimedia. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, RIED, volumen 11, N° 2. Extraído el 3 de junio, 2010 de <http://www.utpl.edu.ec/ried/images/pdfs/volumen11N2/efectostermodinamicos.pdf>
- 8) Morin, E. (1999). *La cabeza bien puesta*. Buenos Aires: Nueva Visión.
- 9) Padula Perkins, J. (2002). *Una introducción a la educación a distancia*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- 10) Sarabia, A. (1995). *La teoría general de sistemas*. Madrid: Isdefe.